XLIII Международная молодёжная научная конференция

«Гагаринские чтения – 2017»

Тезисы докладов

Москва
5 – 19 апреля 2017 г.

УДК 629.7.01
ББК 39.53
Г12

Г12 Гагаринские чтения – 2017: XLIII Международная молодёжная научная конференция: Сборник тезисов докладов: М.; Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2017.

ISBN 978-5-90363-115-5

М.: Моск. авиационный ин-т (национальный исследовательский университет), 2017. 1479 с.

В сборник включены тезисы докладов, представленные в организационный комитет конференции в электронном виде в установленные сроки и отвечающие требованиям.

ISBN 978-5-90363-115-5

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, А-80, ГСП-3
gagarin@mai.ru
http://mai.ru/science/gagarin/materialy-konferentsii/

©Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет), 2017

Участникам и гостям XLIII Международной молодёжной научной конференции «Гагаринские чтения»

Уважаемые молодые учёные!

Рад приветствовать вас в числе участников XLIII Международной молодёжной научной конференции «Гагаринские чтения», которую организует Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)!

Вы выбрали для себя очень увлекательное дело – профессию исследователя и изобретателя. Наука и инженерное творчество откроют перед вами новые горизонты и карьерные возможности. А МАИ вам в этом поможет, став началом координат ваших научно-исследовательских побед. Уверен, что участие в одной из самых престижных молодёжных конференций, носящих имя выдающегося космонавта и первооткрывателя, - даст мощный импульс и стимул для вашей дальнейшей работы. МАИ открывает дверь в науку и превращается в площадку для полноценной реализации ваших научных талантов!

От всей души желаю вам творческой энергии и сил в реализации ваших проектов и идей. Пусть все научные эксперименты будут удачными, а технические решения, предложенные вами, попадают точно в цель и становятся востребованными.

Я искренне надеюсь, что XLIII Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения в стенах МАИ станет для вас тем стартовым полем, с которого начнётся ваш взлёт к новым научным достижениям.

Проректор МАИ
по научной работе *Ю. А. Равикович*

АО «Объединенная
двигателестроительная корпорация»
Россия, 105118, г. Москва, проспект Буденного, д.16
www.uecrus.com e-mail: info@uecrus.com

ОДК

Содержание

Направление «Авиационные системы»..... 7

Секция «Аэродинамика».....7

Секция «Динамика и управление полётом ЛА» 23

Секция «Математическое моделирование» 47

Секция «Проектирование, конструирование и технология производства ЛА» 75

Секция «Управление жизненным циклом продукции» 116

Направление «Ракетно-космические системы»..... 121

Секция «Анализ и синтез аэрокосмических систем».....121

Секция «Космические аппараты: проектирование и конструирование» 139

Секция «Механика полёта и баллистический анализ космических аппаратов» 149

Секция «Ракетная техника: проектирование и конструирование».....158

Секция «Системы и технологии жизнеобеспечения в космосе» 189

Секция «Эксплуатация и безопасность аэрокосмических систем и комплексов».....196

Направление «Новые материалы и производственные технологии в области авиационной и ракетно-космической техники» 208

Секция «Материаловедение и технологии металлических материалов».....208

Секция «Механика и моделирование материалов и технологий» 305

Секция «Полимерные и углеродные композиционные материалы, аэрокосмические конструкции и микросистемы» 373

Секция «Технологические процессы и системы автоматизированного проектирования производственных процессов» 434

Направление «Энергетические установки авиационных и ракетно-космических систем»..... 513

Секция «Авиационные двигатели» 513

Секция «Ракетные и электроракетные двигатели».....559

Секция «Энергетические системы и их применение» 583

Направление «Информационно-телекоммуникационные технологии авиационных и ракетно-космических систем» 598

Секция «Проектирование радиотехнических устройств» 598

Секция «Радиотехнические системы» 610

Направление «Управляющие измерительно-вычислительные системы и комплексы и бортовая электроэнергия» 660

Секция «Вычислительные системы и информационные технологии» 660

Секция «Управление движением, навигация и бортовые системы» 840

Секция «Электроника, конструирование и технология приборостроения» 880

Секция «Электротехника и электроэнергетика» 933

Направление «Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение»..... 967

Направление «Математические методы в аэрокосмической науке и технике» 1001

Секция «Компьютерное моделирование и численный эксперимент».....1001

Секция «Механика жидкости, газа и плазмы».....1029

Секция «Теоретическая механика и дифференциальные уравнения».....1037

Секция «Теория управления и оптимизация».....1054

Направление «Экономика и менеджмент предприятий аэрокосмического комплекса»..... 1068

Секция «Государственное и муниципальное управление» 1068

Секция «Лингвистика».....1092

Секция «Социальные и гуманитарные проблемы в аэрокосмическом комплексе» 1136

Секция «Управление качеством» 1193

Секция «Управление персоналом аэрокосмической отрасли» 1247

Секция «Управление энергосбережением».....1303

Секция «Финансовый менеджмент».....1320

Секция «Экология, безопасность полётов и жизнедеятельности в авиации и космонавтике».....1329

Секция «Экономика инноваций» 1377

Секция «Экономика и управление в промышленности» 1392

Направление «Авиационные системы»

Секция «Аэродинамика»

Сшивание кинетической и гидродинамической моделей на примере течения Куэтта

Березко М.Э., Тихоновец А.В.
Научный руководитель – доцент, д.ф.-м.н. Никитченко Ю.А.
МАИ, каф. 105
jose151294@gmail.com

Проблема постановки граничных условий на твердой поверхности для уравнений вязкого теплопроводного газа становится весьма актуальной в случае гиперзвуковых и умеренно разреженных течений. Постановка граничных условий на уровне газодинамических переменных приводит к существенным погрешностям при относительно больших значениях чисел Маха (M) и Кнудсена (Kn). Физически адекватная формулировка граничных условий на активных (поглощающих или выделяющих газ) поверхностях невозможна без учета молекулярных процессов.

Кинетические модели, описывающие течение газа на молекулярном уровне, позволяют выставлять физически адекватные условия на поверхностях с различными свойствами для любого режима течения. Однако, кинетический расчет поля течения сложной геометрии при $Kn < 10^{-2}$ слишком неэкономичен в смысле количества вычислительных операций и необходимого объема памяти компьютера. По этой причине в практических приложениях для плотных и умеренно плотных газов кинетические модели не используются.

Целью настоящей работы является разработка физико-математической модели течения (КИН_НСФ модель), содержащей модель Навье-Стокса-Фурье (НСФ), «сшитую» с модельным кинетическим уравнением многоатомных газов. Кинетическая модель используется в пристеночном кнудсеновском слое. Остальная область течения описывается моделью НСФ. В области сшивания моделей по параметрам, определенным моделью НСФ, восстанавливается аппроксимирующая функция распределения молекул по скоростям (весовая функция). Она представляет собой разложение локально-равновесной функции распределения по степеням тепловой скорости. Коэффициенты разложения (неравновесные напряжения и тепловые потоки) представлены в навье-стоксовом приближении.

Разработанная модель КИН_НСФ достаточно экономична для практических приложений и в то же время позволяет формулировать граничные условия на кинетическом уровне описания процессов взаимодействия газа с поверхностью.

Проведена серия тестовых расчетов на примере плоского течения Куэтта в интервалах $M = 0.5 \dots 5$, $Kn = 10^{-2} \dots 0.25$. Тестировались кинетическое модельное уравнение для многоатомных газов, НСФ и КИН_НСФ модели. Свободные параметры моделей настраивались по экспериментальным данным для коэффициента трения в течении Куэтта при $M = 1.4$.

Результаты расчетов показали, что модель КИН_НСФ ненамного уступает в точности кинетической модели и существенно превосходит ее в экономичности. При $Kn = 10^{-2}$ модель КИН_НСФ требовала в несколько десятков раз меньше процессорного времени, чем кинетическая модель.

При описании течений плотных газов экономичность модели КИН_НСФ не зависит от числа Kn и слабо зависит от числа M, что характерно для модели НСФ.

Методика определения потребной ширины ВПП на этапе посадки

Блудов А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Бехтина Н.Б.
МГТУГА, каф. АКПЛА
email nbmiiga@yandex.ru

Известно, что в нашей стране и за рубежом ежегодно происходят выкатывания самолетов за боковые пределы ВПП, что непосредственно связано с шириной ВПП, которая задается в зависимости от класса аэродрома. При посадке самолет касается (вступает в контакт с ВПП) с угловыми и боковыми отклонениями, которые необходимо устранить при остром дефиците времени и утомленности экипажа в конце полета.

Сложность устранения этих отклонений обусловлена применением многих управляющих средств, как то: руль направления, элероны, руль высоты, стабилизатор, прямая и обратная тяга, колеса основой стойки, интерцепторы, тормоза колес.

По высказываниям при опросе мнений многих опытных пилотов гражданской авиации и зарубежных летчиков основной целью захода на посадку является достижение входной кромки ВПП на нужной высоте и скорости при правильном положении самолета в пространстве.

При взлете, даже при отказе двигателя, такой проблемы не стоит, так как траектория движения по ВПП на разбеге и после отрыва существенных отклонений от заданной не имеет. Вот почему потребная ширина ВПП будет определяться в основном условием посадки.

Для определения потребной ширины ВПП необходимо знать максимально допустимые отклонения траектории движения самолета от оси ВПП [1,2]. Добиться абсолютного исключения выкатываний за боковые пределы невозможно, так как это потребует слишком строгих ограничений по посадке (частые уход на второй круг), которые летчики все равно нарушат, или чрезмерного увеличения ширины ВПП.

При проведении летных испытаний и исследований необходимо вводить такие критерии, которые характеризовали бы степень устойчивости и могли бы быть рассчитаны по регистрируемым параметрам. Такими параметрами являются:- углы отклонения управляющих органов (рулей, педалей, колес); -угловая скорость;- перегрузка.

Излагается методика определения потребной ширины взлетно-посадочной полосы из условия пробега. Приводятся статистические данные по угловым и боковым отклонениям при касании и пробеге. Приведены критерии устойчивости и управляемости самолета при движении по ВПП и разработана методика определения потребной ширины по этим критериям. Проведен краткий анализ выкатываний самолетов за боковые пределы ВПП по зарубежным и отечественным источникам для выбора допустимой вероятности выкатываний при разработке методики определения потребной ширины ВПП.

По разработанной методике возможно решение и обратной задачи, то есть по заданной ширине ВПП определить допустимые боковые и угловые отклонения и вероятность ухода на второй круг, если боковые и угловые отклонения выходят за пределы допустимых величин.

О возможности учета влияния внешних подвесок на состояния отрывно-вихревого обтекания легкого ударного самолета

Вебер Ф. Л., Гондаренко Ю.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Попов С.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 74
vip.kuban777@mail.ru

Анализ современного состояния и перспектив развития легких ударных самолетов (ЛУС) позволяет утверждать, что их боевые возможности во многом определяются способностью применять широкий арсенал авиационных средств поражения, размещаемых на внешних подкрыльевых узлах подвески. Наличие симметрично

размещенных внешних подвесок оказывает влияние на состояние обтекания самолета на больших углах атаки, что в конечном итоге изменяет несущие свойства самолета.

В настоящее время состояние отрывно-вихревого обтекания в математической модели движения самолета учитывается путем ввода внутренней переменной *x*. Поведение этой переменной может быть описано уравнением:

$$\tau_1 \frac{dx}{dt} + x = x_0(\alpha - \tau_2 \dot{\alpha}), \qquad (1)$$

где τ_1, τ_2 – постоянные времени, обусловленные инерционностью процессов развития отрывного обтекания или восстановления безотрывного обтекания.

В простейшем случае переменная *x* может рассматриваться как относительная координата точки отрыва потока с верхней поверхности профиля либо точка разрушения (взрыва) вихрей над поверхностью крыла. Для полной компоновки самолёта с крылом сложной формы в плане, в том числе с внешними подвесками, переменная состояния *x* имеет другую более сложную форму представления и выступает уже в виде обобщенной переменной.

Авторами предложен подход к описанию обобщенной переменной *x* с помощью относительных координат точек отрыва *R* и присоединения *S* потока в различных сечениях крыла и стабилизатора. Геометрическое место этих точек будет определять положение линий отрыва l_R и присоединения l_S по размаху крыла и стабилизатора. В таком случае, обобщенная переменная *x* может быть представлена характеристиками, определяющими положение линий отрыва и присоединения.

Для определения линии отрыва и присоединения с использованием программного комплекса Ansys Fluent авторами был исследован процесс обтекания воздушным потоком (ЛУС) больших углах атаки с различными вариантами размещения внешних подвесок и без них.

В результате выполненной работы получены следующие результаты:

1) Проанализированы особенности отрывно-вихревого обтекания несущих поверхностей ЛУС.

2) С использованием программных комплексов *Solid Works* и *Ansys Fluent* создана модель процесса обтекания воздушным потоком легкого ударного самолета с внешними подвесками.

3) С помощью созданной модели исследовано влияния внешних подвесок на состояние отрывно-вихревого обтекания легкого ударного самолета.

Результаты исследований показывают, что на рассматриваемых углах атаки происходит симметрично размещенные внешние подвески практически не оказывают влияния на состояние отрывно-вихревого обтекания стабилизатора, но увеличивают площадь отрывной зоны $S_{отр}$ на крыле и ассиметризацию обтекания. Анализ результатов расчета суммарного коэффициента подъемной силы, показывают, что наличие симметрично размещенных внешних подвесок обуславливает ухудшение несущих свойств самолета. Это связано с возникновением вихревых структур, сходящих с носовой части внешних подвесок, влияющих на перераспределение давления на верхней и нижней поверхности крыла.

Численное моделирование взаимодействия неоперенного вращающегося тела со сверхзвуковым потоком

Власов О.Ю.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Семенчиков Н.В.
МАИ, каф. 105
olegvlasov@yandex.ru

Для стабилизации и обеспечения устойчивости движущихся неоперенных тел вращения им придают большие скорости вращения относительно продольной оси. В этом случае при несимметричном обтекании на такие тела действует сила Магнуса. Как правило, она мала и составляет от 1/100 до 1/10 от нормальной аэродинамической силы

тела. Однако возмущающий момент, создаваемый силой Магнуса относительно центра масс тела, заметно влияет на устойчивость неоперенных вращающихся тел вращения.

Исследованиями формирования силы Магнуса на вращающихся телах, оценкой величины этой силы и ее зависимости от различных факторов занимались многие отечественные и зарубежные ученые. В частности, в их работах большое внимание было уделено экспериментальному исследованию обтекания вращающегося тела. С развитием вычислительной техники всё больший интерес представляет численное моделирование такого течения.

Известны различные подходы и методы, которые можно использовать для численного анализа обтекания не вращающихся и вращающихся тел. Одним из них является метод, основанный на решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, замкнутых той или иной моделью турбулентности. Вопрос применимости этого численного подхода к анализу течения в окрестности вращающихся тел в опубликованных до настоящего времени работах рассмотрен еще недостаточно.

Целью данной работы было определение применимости и верификация указанного выше метода к расчету обтекания вращающихся неоперенных тел сверхзвуковым потоком. Реализация данного подхода осуществлена с помощью программного комплекса ANSYS Fluent 14.5 (лицензия № 670351).

В качестве исследуемого тела было выбрано тело вращения с удлинением $\lambda = 6.0$ с оживальной носовой частью. Расчеты проводились при углах атаки $\alpha \leq 15°$, числах Маха набегающего потока $M = 2.0...4.0$, числах Рейнольдса $\mathrm{Re} = (4.8...9.6) \cdot 10^6$, подсчитанных по длине тела и параметрам набегающего на тело невозмущенного потока. Безразмерная скорость вращения тела $\Omega^* = 0.19$. Для моделирования течения вокруг вращающегося тела был использован подход со скользящими сетками. Предварительно были проведены параметрические исследования по влиянию различных факторов на результаты расчетов. В результате параметрических исследований были выявлены особенности структур течения в окрестности не вращающегося и вращающегося тела, получены их аэродинамические характеристики.

Сравнение результатов численных расчетов с доступными результатами экспериментов показало, что для не вращающегося тела полученное численно распределение давления по его поверхности с точностью до 5% совпадает с экспериментальными данными. Исследование обтекания вращающегося тела, сравнение коэффициентов силы Магнуса и ее момента с данными эксперимента показывает, что использование современных численных методов позволяет правильно предсказывать характер изменения этой силы и момента как по углу атаки, так и по числу Маха. Расхождение между данными эксперимента и численного расчета не превышает 10%.

Это позволяет сделать вывод о том, что численное моделирование обтекания и расчет аэродинамических характеристик вращающихся тел с учетом эффекта Магнуса, основанное на использовании осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, может быть использовано для оценки влияния силы Магнуса на силовое взаимодействие вращающегося тела вращения со сверхзвуковым потоком.

Боевая эффективность летательного аппарата с несимметричным расположением подкрылевых авиационных средств поражения при сверхзвуковых скоростях полёта

Воронко Д.С.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Салтыков С.Н.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 72
zapasnoi.mir@mail.ru

Современный этап развития военной авиации характеризуется расширением диапазона высот и скоростей полета летательных аппаратов (ЛА), постоянным развитием и совершенствованием номенклатуры авиационных средств поражения (АСП), размещаемых на самолете, в том числе, и под крылом, расширением условий применения АСП вплоть до сверхзвуковых скоростей. Известно [1,2], что на сверхзвуковых скоростях полета существенное влияние на аэродинамику и динамику полета ЛА и АСП оказывают

интерференционные силы, возникающие между крылом ЛА и подкрыльевыми АСП. Данные силы могут быть сопоставимы с весом АСП. При полете самолета с несимметрично расположенными под крылом АСП возникает аэродинамическая несимметрия. Аэродинамическая несимметрия образуется не только за счет наличия дополнительных аэродинамических интерференционных сил, но за счет влияния этих сил на деформацию конструкции крыла ЛА и, соответственно, изменения его аэродинамических характеристик. Динамика движения ЛА в случае несимметричного размещения АСП под крылом самолета зависят от режима полета самолета, от типа и расположения АСП под крылом. Боевая эффективность ЛА с несимметрично расположенными АСП при сверхзвуковых скоростях на этапе ближнего наведения зависит от точностных характеристик наземных и бортовых средств управления полетом, реализуемого метода наведения, динамических свойств истребителя и предельно допустимых ошибок, исправляемых истребителем и ракетой при их маневрировании. При этом предельное отклонение от требуемого курса, которое устраняется маневром истребителя и ракеты равно сумме угла, который может устранить истребитель на этапе ближнего наведения, и угла, который может быть скомпенсирован маневром ракеты при ее полете к цели. Эти параметры зависят от радиусов виража истребителя и ракеты, а также от перегрузки истребителя и ракеты. Кроме того, боевая эффективность истребителя при атаке воздушной цели зависит от пространственного положения истребителя относительно цели, которое зависит от возможности сбалансировать самолет с несимметрично расположенным АСП. Выполненные расчеты показывают, что на отдельных режимах сверхзвукового полета расчеты балансировки истребителя с несимметрично расположенным подкрыльевым АСП, выполненные с учетом интерференционных сил и без их учета имеют очень большое различие. Пространственное положение самолета может значительно отличаться. Это оказывает влияние на боевую эффективность истребителя при атаке воздушной цели.

Исследование прироста аэродинамических нагрузок при установке законцовки на крыле дозвукового пассажирского самолёта

Гуереш Д.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Попов С.А.
МАИ, каф. 105
guaero.tech@gmail.com

Цель данной работы – исследование влияния законцовок различных форм и размеров на величину и распределения аэродинамических нагрузок, действующих на консоль крыла перспективного трансзвукового пассажирского самолета. На сегодняшний день, применение концевых аэродинамических поверхностей (законцовок) стало общепринято на всех пассажирских самолетах большой дальности и скорости полета. Однако компромиссный характер выбора того или иного типа законцовки, или во все отказа от ее применения в пользу простого увеличения удлинения крыла (Сухой Суперджет, МС-21) делает актуальным многостороннее сравнительное исследование работы законцовок, применяемых на наиболее успешных моделях самолетов ведущих фирм – законцовка типа Винглет (от англ. Winglet) Уиткомба, и концевые шайбы малой толщины. Исходной моделью типичного крыла пассажирского самолета (без законцовки) со сверхкритическим профилем служил прототип DLR-F4, с известными из продувок в аэродинамических трубах NAL, ONERA и DRA аэродинамическими характеристиками.

Для достижения поставленной цели решалась двухдисциплинарная задача, где вычислительные эксперименты, выполненные с помощью программного комплекса вычислительной гидродинамики ANSYS Fluent, позволили получить аэродинамические коэффициенты модели, а также действующие аэродинамические нагрузки в виде распределения давления по поверхности крыло-корпуса DLR-F4 с законцовками наиболее распространенных на современных пассажирских самолетах форм и размеров. Исследовались законцовки типа Уиткомба с несколькими разными углами развала, и концевые шайбы овальной и треугольной форм.

Используя полученного из аэродинамических расчетов распределения давления по поверхности модели DLR-F4, с применением программного комплекса прочностных расчетов Ansys Mechanical было проанализировано напряженно-деформируемое состояние консоли крыла в виде распределения максимальных напряжений и рассчитаны статические дополнительные нагрузки, вызванные законцовкой на консоль крыла, такие как изгибающий и крутящий моменты. Для расчета крыла на прочность под воздействием аэродинамических нагрузок было принято, что модель DLR-F4 выполнена из стали. Использовался подход, в котором не учитывалось температурное расширение и динамические нагрузки, вызванные аэроупругостью на трансзвуковых числах Маха. Результаты расчета аэродинамических коэффициентов и нагрузок сравнивались с исходной моделью DLR-F4 без законцовки.

В результате работы были сделаны оценка общей эффективности рассматриваемых модификаций модели крыла с законцовками, оценка выигрыша в аэродинамическом качестве по отношению к дополнительным нагрузкам, возникающим из-за установки законцовок, и приводящим к потерям в весовых характеристиках самолета.

К разработке структурированных расчетных сеток для расчёта течений воздушного потока вокруг профиля крыла

Долгушкин И.С., Тимофеев В.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Селезнев С.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 74
sws3@yandex.ru

Разработка компоновки современных летательных аппаратов, обладающих большой высотой и продолжительностью полета предполагает высокое аэродинамическое качество (близкое к максимальному) на повышенных углах атаки, достигающих 10 – 14 градусов.

В этих условиях высокое аэродинамическое качество достигается при использовании аэродинамических профилей крыла сложной формы, имеющих скругленную переднюю кромку и выраженную кривизну его средней линии.

Расчет аэродинамических характеристик профилей крыла возможен в двухмерной аэродинамической постановке с использованием системы уравнений Навье-Стокса, описывающих течение воздуха вокруг профиля крыла, которые решаются численно с помощью разностных схем при дискретизации этих уравнений на расчетной сетке.

От качества расчетной сетки во многом зависит достоверность расчетов аэродинамических характеристик профилей, имеющих большую кривизну средней линии.

Теоретически, наилучшие результаты может дать использование структурированной расчетной сетки с малыми размерами расчетных ячеек одинаковой площади, имеющих форму квадрата. Использование таких однородных структурированных сеток для расчета вязких течений воздушных потоков вокруг сильно искривленных профилей подразумевает большое число расчетных ячеек (10^7–10^9), так как для определения характеристик течения в пристеночном пограничном слое, где проявляются силы вязкости, требуется более 10 – 15 слоев расчетных ячеек.

С целью снижения числа расчетных ячеек предлагается многоуровневая структурированная расчетная сетка, имеющая на каждом уровне размеры квадратных расчетных ячеек одинаковой площади.

Формирование многоуровневой расчетной сетки начинается с сетки первого уровня, окружающей профиль крыла и характеризующейся ячейкой с набором геометрических, кинематических и динамических свойств заключенного в нее воздушного потока, названного «Малым объектом пространства» (МОПр).

Для определения характеристик МОПр квадратные ячейки более высокого уровня сетки отличаются от ячеек низшего уровня площадью в четыре раза большей.

Алгоритм формирования ячеек каждого уровня зависит от размеров сетки первого уровня и числа ее ячеек, окружающих профиль крыла. Число ячеек МОПр первого уровня расположенных в слоях вдоль хорды профиля должны подчиняться закону 2^n.

Аналогичному закону должны подчиняться ячейки, расположенные в слоях перпендикулярно хорде профиля. Это позволяет при формировании ячеек МОПр более высокого уровня обеспечить их размещение вокруг ячеек предыдущего уровня в количестве, пропорциональном 2^n, что позволяет сформировать сетки с МОПр разных уровней, имеющих на границах сеточного пространства точное совмещение квадратных ячеек МОПр между собой.

Такой подход позволяет сформировать расчетную матрицу при решении разностного аналога уравнений Навье-Стокса с использованием простого принципа кольцевой выборки из объектов МОПр необходимых данных.

Анонсированные приемы, используемые при создании структурированных расчетных сеток с квадратными ячейками МОПр, позволяют начинающим разработчикам создавать самостоятельно работоспособные программы по расчету двухмерных внешних течений жидкостей и газов вокруг профилей крыльев сложной геометрической формы.

Особенности движения современного боевого самолёта по взлётно-посадочной полосе в условиях аквапланирования

Каданцев В.М.
Научный руководитель – преп. Кочегаров К.Ю.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 74
g166@km.ru

С увеличением интенсивности полетов остро стоит вопрос безопасности полетов. Основной процент аварийности приходится на взлет и посадку самолета, и одним из опасных факторов на этих этапах полета является такое явление, как аквапланирование (гидропланирование, глиссирование - все три термина равнозначны).

Аквапланирование-это явление, которое появляется при движении самолета по ВПП, покрытой слоем различных осадков (вода, мокрый снег, слякоть). Данное явление серьезно ухудшает ряд характеристик, связанных с управлением самолета на разбеге и пробеге по ВПП, а также уменьшает коэффициент торможения. Используя результаты проведенных исследований аквапланирования отечественными и зарубежными специалистами, рассмотрим следующие виды аквапланирования.

Динамическое аквапланирование возникает по причине образования клина жидкости между пневматиком и ВПП, стремящегося отделить пневматик от поверхности ВПП. Это происходит на определённой скорости, которая называется скоростью аквапланирования. Подъёмная сила жидкости становится равной весу самолёта, и пневматики шасси теряют контакт с поверхностью ВПП.

«Паровое» аквапланирование - возникновение паровой подушки под колесом при продолжительном движении самолёта с заблокированными колёсами, удерживающей его в приподнятом положении даже при очень небольшой толщине слоя осадков на ВПП.

«Вязкое» аквапланирование возникает при движении пневматика по мокрой, чрезвычайно гладкой поверхности. Вероятное место возникновения «вязкого» аквапланирования - зона приземления, покрытая «резиновыми» следами от предыдущих посадок или участок ВПП покрытый краской.

Обобщая результаты исследования по аквапланированию, можно сделать вывод: единственный параметр, от которого зависит скорость начала аквапланирования - это давление в пневматике.

Летному составу следует понимать физическую сущность аквапланирования и быть готовым при появлении его грамотно действовать. Если предстоит посадка на ВПП, покрытую осадками, то следует по возможности уменьшить посадочную скорость, не допускать длительного выравнивания и выдерживания над полосой, после посадки как можно раньше выпустить интерцепторы, применить тормоза, реверс тяги двигателей и тормозной парашют. С целью обеспечения безопасности полетов проведены расчеты по определению скоростей аквапланирования шасси современных боевых летательных аппаратов, стоящих на вооружении ВС Российской Федерации. Для расчетов использовали уравнение инженера NASA Хорне (Horne). Особое внимание в расчетах

уделено влиянию различных факторов (обильность осадков, боковой ветер, состояние протекторов пневматиков, гистерезис и состояние покрытия поверхности аэродрома). Разработаны рекомендации в виде памятки летному составу по грамотным действиям при производстве взлета и посадки на мокрую, заснеженную и обледеневшую ВПП для каждого типа боевого летательного аппарата.

Исследование аэродинамических схем на примере беспилотных летательных объектов

Константинов И.А.
Научный руководитель – д.ф-м.н. Грумондз В.Т.
МАИ, каф.106
ilyakonstantinov39@gmail.com

Изучение аэродинамических схем всегда является актуальной темой для изучения и понимания динамики полета изделия. Принципиально разделяют нормальную схему и схему «Утка». Обе схемы имеют как преимущества, так и недостатки. Схемы разнятся в расположении горизонтального оперения. В нормальной схеме - оперение расположено позади крыла, в схеме утка - оно расположено впереди крыла.

Хочу отдельно отметить как оперение влияет на летные характеристики самолета. Дело в том, что задачей горизонтального оперения является создание или парирование момента тангажа изделия. У устойчивой схемы центр масс должен находится впереди аэродинамического фокуса. Отсюда следует вывод - в устойчивой компоновке момент от подъемной силы положительный, то есть направлен против часовой стрелки. Значит, для парирования этого возмущения необходимо вызывать момент обратного знака, то есть положительный. В случае нормальной схемы - этот момент создается путем создания силы на горизонтальной оперении, причем эта сила будет отрицательной, то есть направленной вниз. В аэродинамической схеме «Утка», для создания положительного момента необходимо прикладывать силу на ПГО (переднем горизонтальном оперении). Все вышеупомянутое влияет на явление перебалансировки. Подъемная сила самолета или же беспилотного летательного аппарата, состоит из подъемных сил его отдельных компоновочных групп, в том числе и из подъемной силы, образующейся на горизонтальном оперении. Значит, в устойчивой нормальной схеме, балансировка изделия будет вызывать уменьшения общей подъемной силы, путем создания на ней отрицательной силы, в схеме «Утка» - наоборот, увеличение подъемной силы. Но в схеме «Утка» есть и свои нюансы, любая подъемная сила является функцией угла атаки, как следствие угла атаки с учетом скоса потока на отдельных компоновочных группах. В схемах, где присутствует ПГО на крыло фактически приходит искаженный поток и эффективные углы атаки сильно меняются. Да и сами отклоняемые поверхности ПГО, отклоняясь для балансировки, могут выходить на критические углы атаки, после которых будут начинаться срывные явления, после которых будет проходить потеря устойчивости и управляемости в продольном канале. В работе будет рассмотрена схема «Утка» в области беспилотных летательных аппаратов, ее баллистические характеристики, характеристики стабилизации. Будет приведено сравнение с нормальной схемой.

Программно-моделирующий комплекс для исследования интегральных характеристик маневренности учебно-боевого самолёта

Костин П.С., Мельников В.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Верещиков Д.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 72
texnnik@mail.ru

Важной составляющей успеха в современной войне является господство в воздухе под которым понимается решающее превосходство авиации одной из сторон в воздушном пространстве на театре военных действий. На сегодняшний день решающая роль в завоевании господства в воздухе принадлежит Воздушно-космическим силам.

Концепция развития современных боевых маневренных самолетов заключается в обеспечении их многофункциональности, т. е. на каждый самолет возлагается решение большого количества задач: поражение различных воздушных и наземных целей днем и ночью в простых и сложных метеоусловиях при большой номенклатуре используемого вооружения. Это приводит к расширению эксплуатационной области полета самолета и, соответственно, к расширению режимов его полета.

Несмотря на увеличение эксплуатационной области режимов полета самолета показатели, характеризующие его устойчивость и управляемость (ХУУ), должны соответствовать предъявляемым к ним требованиям в любой точке этой области. Только в этом случае будут обеспечиваться необходимые характеристики маневренности самолета во всей эксплуатационной области, что является одним из основных показателей боевых возможностей маневренного самолета.

С одной стороны, конструкторы должны обеспечить требуемые ХУУ самолета, с другой – необходимо проверить: действительно ли самолет имеет заявленные исполнителем характеристики? Для ответа на этот вопрос проводятся летные испытания, в ходе которых оцениваются характеристики самолета во всей эксплуатационной области полета при всех возможных конфигурациях на различных режимах. С учетом того, что современные самолеты предназначены для эксплуатации в широком диапазоне высот и скоростей полета, на проведение летных испытаний затрачивается большое количество времени и материальных ресурсов.

Таким образом, задача по сокращению сроков и затрат на испытания самолета является актуальной. Сегодня эта задача имеет решение через математическое и полунатурное моделирования пространственного движения самолета, что возможно в условиях энергичного развития цифровой вычислительной техники.

В целях сокращения временных и материальных затрат на испытания самолета был создан программно-моделирующий комплекс для исследования интегральных характеристик маневренности учебно-боевого самолета, позволяющий оперативно получать информацию о характеристиках его маневренности. Объектом исследования был выбран современный учебно-боевой самолет Як-130.

Программно-моделирующий комплекс для исследования интегральных характеристик маневренности учебно-боевого самолета, имеющего аэродинамические, массовые и геометрические характеристики соответствующие Як-130, включает:

- Simulink-модель динамики самолета;
- Simulink-модель комплексной системы управления самолетом;
- алгоритмы имитационного моделирования для проведения исследований динамики движения самолета;
- графические поля для отображения результатов моделирования и базы данных для их хранения.

Экспериментальное определение аэродинамических характеристик сверхлегких летательных аппаратов

Кошевой А.Р.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Брусов В.С.
МАИ, каф. 106
koshevoy97@inbox.ru

В настоящее время вопросам аэродинамики и динамики полет ЛА в области малых чисел Re посвящено незначительное число работ. Между тем, аэродинамика и динамика полета сверхлегких, а в особенности микро-БПЛА , существенно отличаются от аэродинамики и динамики более крупных ЛА. Принято считать, что с точки зрения аэродинамики основным отличием микро-БПЛА от ЛА больших размерностей являются малые числа Re, при которых летают эти аппараты. Если бы микро-БПЛА летали при малых, но постоянных числах Re, то это приводило бы лишь к известному ухудшению их аэродинамических характеристик. Но дело в том, что рассматриваемые ЛА в силу очень малых инерционных характеристик в поступательном и вращательном движениях могут

очень быстро менять скорость и направление полета. При этом они могут за доли секунды переходить из области закритических чисел Re в докритическую область и наоборот. При этом в сильной степени изменяются все аэродинамические характеристики, что влечет за собой изменение динамики движения ЛА. Массовые и инерционные характеристики, относительная плотность и масштаб времени сверхмалых ЛА на порядок меньше, чем у пилотируемых самолетов. Откуда вытекают принципиальные особенности характера движения МБПЛА.

– атмосферные возмущающие воздействия не только сравнимы с основными силами, но и часто превосходят их;

– силы и моменты демпфирования также сравнимы с основными силами и моментами.

По этим причинам для данного класса аппаратов исследование движения на основе анализа установившихся режимов полета или интегрирования традиционных систем д.у. должно осуществляться с осторожностью, поскольку само невозмущенное движение практически отсутствует.

Можно сказать, что микро-БПЛА практически большую часть времени летают на неустановившихся режимах полета, причем в условиях нестационарности аэродинамических характеристик.

Исследования и разработки в области мини и микро-БПЛА носят пока поисково-эмпирический характер.

Однако, если прогнозировать переход к разработке таких БПЛА, пригодных для практического применения , то неизбежно возникнет необходимость теоретического обоснования вопросов устойчивости и управляемости ЛА, синтеза систем управления полетом.

Основной задачей работы является экспериментальное нахождение основных величин необходимых для построения поляры (Cy от Cx) микро-БПЛА и изучение изменения аэродинамических характеристик, при переходе из области докритических в область закритических чисел Рейнольдса.

Оценка погрешности, вносимой граничными условиями прилипания, в переходной области течения разреженного газа

Кудрявцев Д.А.
Научный руководитель – доцент, д.ф.-м.н. Никитченко Ю.А.
МАИ, каф. 105
trekpi@yandex.ru

Разработка и проектирование гиперзвуковой и космической техники требует современных CFD-пакетов, позволяющих рассчитывать течение газа в широком интервале чисел Кнудсена (Kn) и Маха (M). Во многих CFD-пакетах в качестве базовой модели течения используется модель Навье-Стокса-Фурье (НСФ) с граничными условиями прилипания на обтекаемых поверхностях.

Известно, что модель НСФ теоретически обоснована в области течения $Kn < 10^{-2}$. В ряде случаев эта область может быть расширена до $Kn < 1$, при условии использования граничных условий скольжения погранслоя. В этой связи представляет интерес оценка погрешности, вносимой граничными условиями прилипания, в переходной области течения разреженного газа.

Целью работы является количественная оценка указанной погрешности в широком интервале чисел M при $Kn = 10^{-2} \ldots 1$. Исследования проводятся на примере задачи о плоском течении Куэтта.

Выбор тестовой задачи связан с тем, что при надлежащем выборе граничных условий различные модели течения (НСФ, моментные уравнения, кинетические уравнения) дают практически одинаковые коэффициенты трения при расчете течения Куэтта. Это обстоятельство позволяет исследовать граничные условия того или иного вида независимо от используемой модели течения и интерпретировать полученные результаты с точки зрения свойств выбранных граничных условий.

Для проведения исследований написан программный модуль расчета течения Куэтта на базе кинетического модельного уравнения для многоатомных газов. Граничные условия этой модели течения формулируются на молекулярном уровне. Их отличает адекватность описания физических процессов взаимодействия газа с твердой поверхностью. Так же использован программный модуль на базе модели НСФ, разработанный на кафедре «Аэродинамика ЛА» МАИ.

Проведены серийные тестовые расчеты коэффициента трения. Результаты модельного кинетического уравнения приняты в качестве эталонных.

Результаты расчетов показали следующее.

1. При $Kn \leq 10^{-2}$ погрешность, вносимая граничными условиями прилипания, находится в пределах погрешности численного решения (~ 2%).

Возрастании числа Kn вызывает быстрый рост погрешности (55 ... 60% при $Kn = 0.2$).

Погрешность вычисления коэффициента трения с использованием граничных условий прилипания слабо зависит от числа M во всем рассмотренном интервале ($M = 0.5 \ldots 5$).

Характер зависимости погрешности от числа Kn ожидаем. По-видимому, интерес представляют только количественные соотношения. Результат п. 3 не очевиден и может быть использован при настройке пакетов CFD, позволяющих выбирать модель граничных условий.

Особенности проведения лётных испытаний маневренных и сверхманевренных самолётов на сваливание и штопор.

Ливицкий К.В., Скорняков И.Н.
Научный руководитель – доцент, к.п.н., полковник Дулин В.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 71
Livitskiy96@gmail.com

Лётные испытания самолёта на сваливание и штопор проводится в условиях определения особенностей поведения самолёта и работы силовой установки на этих режимах, выбора метода пилотирования исключающих сваливание и попадание самолёта в штопор, и методов вывода его из штопора.

С увеличением угла атаки нарушается плавность обтекания крыла воздушным потоком, в результате чего возникают срывы потока, вызывающие появление различных возмущающих сил и моментов, что и приводит к такому явлению как «сваливание».

Сваливанием называют непроизвольное или вызванное отклонением органов управления апериодическое или колебательное с возрастающей амплитудой движение самолёта на околокритических углах атаки, возникающие в результате появления срыва потока на крыле, с заметными для лётчика угловыми скоростями и перемещениями самолёта относительно хотя бы одной из трёх его осей.

По начальным условиям режима сваливания делят на три группы:

1. Сваливание при торможении в прямоугольном горизонтальном полёте (n_y=1)

Сваливание с координированного и некоординированного манёвров. (n_y>1)

Сваливание некоординированного манёвров. (n_y>1)

Скорость самолёта в начале сваливания с исходного прямолинейного горизонтального полёта (n_y=1) называется скоростью сваливания. После достижения скорости сваливания самолёт обычно продолжает тормозится до некоторой минимальной скорости, затем торможение прекращается. Под воздействием составляющей силы тяжести скорость начинает возрастать и самолёт может сам, без вмешательства лётчика либо разгонятся и выйти из сваливания, либо перейти в штопор.

Штопором называется движение самолёта по спиралевидной траектории малого радиуса на режиме самовращения при закритических углах атаки центральных сечений крыла, сопровождающиеся частичной или полной потерей управляемости.

Лётные испытания самолёта на сваливание и штопор проводятся в целях:

– максимальных значений коэффициента подъёмной силы;

– характеристик поведения самолёта на больших углах атаки и характерных признаках приближения к ним;

– срывных, послесрывных характеристик и характеристик входа самолёта в штопор;- критических условий входа в штопор;

– запаздывание выхода самолёта из штопора;

– влияние послесрывных вращений и штопора на работу силовой установки.

Лётные испытания самолёта на сваливание и штопор проводятся после определения прочностных характеристик. При этом самолёт, подвергаемый испытанием на штопор, должен быть оборудован специальной противоштопорной системой (противоштопрорными ракетами и противоштопрорными парашютами), обеспечивающей надёжный вывод самолёта из любого вида штопора, с которым может встретится лётчик-испытатель в полёте. Запаздывание с выводом из штопора в случае применении противоштопорной системы должно быть не более двух витков.

В процессе лётных испытаний на штопор в полёте могут возникнуть режимы, создающие чрезмерные и необычные силы, действующие на лётчика-испытателя. В связи с этим при подготовке самолёта к испытаниям на него устанавливают специальные дополнительные элементы фиксации лётчика в кресле.

К аэродинамическому проектированию и оптимизации крыла беспилотных летательных аппаратов

Пархаев Е.С.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Семенчиков Н.В.
МАИ, каф.105
EgorParhaev@yandex.ru

Сегодня одной из наиболее актуальных задач авиационной науки является проектирование беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Их применение позволяет выполнять широкий спектр задач, не ограничиваясь физиологическими особенностями человека. Вместе с расширением сфер их применения развивается техническая составляющая аппаратов: предлагаются новые компоновочные решения, совершенствуются технические характеристики компонентов. Особенно стоит отметить класс малоразмерных беспилотных летательных аппаратов (МБПЛА). За последние десять лет этот класс претерпел большие изменения, в связи со значительным уменьшением габаритов, массы и стоимости радиоэлектронной аппаратуры. Стало возможным выполнение задач воздушной разведки в режиме реального времени, по средствам фото- и видеосъемки.

Аэродинамика МБПЛА принципиально отличается от гораздо более изученной аэродинамики пилотируемых аппаратов. Дело в том, что при числах Рейнольдса $Re \leq 500\,000$, соответствующих режимам полета малых беспилотников, обтекание происходит с образованием ламинарно-турбулентного перехода с отрывом. В таком случае аэродинамические коэффициенты во многом определяются положением перехода и размером области отрыва на крыле, а также внешними возмущениями, оказываемыми на пограничный слой.

Для эффективного решения задачи оптимизации крыла МБПЛА требуется аэродинамическая модель, которая бы в полной мере учитывала все особенности вышеописанного явления при малых вычислительных затратах. На сегодняшний день существующие аэродинамические модели не полностью удовлетворяют этим критериям.

В работе рассмотрены современные математические методы, используемые при проектировании и оптимизации крыльев МБПЛА. Представлены результаты численного моделирования обтекания крыльев МБПЛА с использованием различных аэродинамических моделей. Проведено сравнение полученных решений. Предложены пути по улучшению существующих методов аэродинамического моделирования с целью снижения вычислительных затрат.

Нестационарные аэродинамические характеристики падающих ступеней ракет-носителей совершающих плоские угловые движения

Поливцева А.А.
Научный руководитель – Липницкий Ю.М.
МАИ, каф. ИТвМСС
a.polivtseva@gmail.com

При запуске ракеты-носителя образуются зоны падения отработанных ступеней и их обломков в различных районах площадью в сотни квадратных километров. Это приводит к тому, что возникают зоны «отчуждения», в которых невозможна хозяйственная деятельность и размещение населенных пунктов. Первая ступень совершает отделение в непосредственной близости к месту старта ракеты-носителя, где отсутствуют населенные территории для обеспечения безопасности. Вторая ступень, при падении с огромной скоростью только частично разрушается в плотных слоях атмосферы, а остальная часть ступени обломками разносится на большие территории, тем самым создавая зону «отчуждения».

В рамках данной работы, рассматривается подход, который позволяет исследовать движение ступеней ракет-носителей с точки зрения выработок рекомендаций для уменьшения зоны «отчуждения».

Известны способы аэродинамических расчетов, в ходе которых заранее формировались массивы аэродинамических коэффициентов ступеней, в зависимости от числа Маха, высоты, углов атаки и набегающего потока. Далее с использованием интерполированных данных этих массивов решалась задача динамики.

В данной работе предлагается методика комплексного расчета, решается одновременно уравнение газовой динамики и уравнение движения центра масс, так и углового движения относительно центра масс. При этом выполняется шаг интегрирования уравнения газовой динамики, а затем на этом же временном шаге производится расчет движения ступени. Для интегрирования уравнения движения используем простейший метод Эйлера.

Разработана программа расчета интегрирования уравнения газовой динамики и интегрирования движения тела. В программе реализован метод численного интегрирования Годунова, который основан на аппроксимации потоков на границах ячеек разностной сетки с помощью точного решения задачи Римана о распаде произвольного разрыва. Для решения газодинамической задачи, была разработана программа построения трехмерной вычислительной сетки, в прямоугольной системе координат, для заданной геометрии ступени. На границах расчетной области задаются граничные условия. Интегрирование уравнения газовой динамики ведется на подвижных сетках.

Поскольку на данном этапе отлаживается методика, используется упрощенный расчет в рамках плоского гравитационного поля и не используется сложная динамика движения тела. При этом используется изменение параметров атмосферы на разной высоте.

Результатами расчетов являются аэродинамические характеристики, зависимости аэродинамических коэффициентов от времени и поля течения, которые записываются в файл. При обработки полученных файлов, их можно визуализировать и построить графики зависимостей в специализированных программных пакетах.

Все разработанные программы и модификации выполнены в среде программирования Microsoft Developer Studio. Предложенный метод опробован на модельном примере.

Расчётно-экспериментальные исследования влияния конструкции пьедестала на аэродинамические характеристики полумодели при испытаниях в АДТ

Птицин А.А.
ФГУП ЦАГИ
a_ptitsin@mail.ru

Для исследования аэродинамических характеристик летательных аппаратов в аэродинамическом эксперименте широко используются геометрически подобные им полумодели. Их применение обусловлено необходимостью увеличения масштаба модели исследуемого объекта в условиях ограничений, накладываемых размерами рабочих частей экспериментальных аэродинамических установок. Увеличение размеров модели позволяет более точно моделировать мелкие элементы конструкции. Немаловажным преимуществом полумоделей также является возможность в полтора раза увеличить число Рейнольдса без изменения загромождения рабочей части аэродинамической трубы.

При проведении испытаний полумодель располагается на гладкой стенке рабочей части АДТ. При таком расположении полумодели пристеночный пограничный слой искажает обтекание, нарушая подобие с обтеканием полной модели. Снизить влияние пограничного слоя можно смещением полумодели от стенки рабочей части АДТ. Однако в этом случае возникает проблема перетекания воздуха с нижней поверхности полумодели на верхнюю через образовавшуюся щель. Решить данную проблему призван «пьедестал», препятствующий перетеканию воздуха между стенкой аэродинамической трубы и плоскостью симметрии модели. В мировой практике нашли применение несколько вариантов конструкций пьедестала полумодели.

Результаты экспериментальных исследований обтекания изолированного фюзеляжа крупномасштабной полумодели и полной модели, проведенные в аэродинамических трубах ЦАГИ, показали, что их несущие свойства и моментные характеристики удовлетворительно согласуются. В то же время, сопротивление полумодели существенно превосходит сопротивление полной модели.

Основной целью исследования является определение составляющих паразитного сопротивления полумодели относительно полной модели, осмысление его физической сути и поиск путей его минимизации.

В работе, на основе данных численного моделирования, проведен анализ аэродинамического совершенства четырех, наиболее часто используемых в аэродинамическом эксперименте, вариантов конструкции пьедестала полумодели фюзеляжа пассажирского самолета. Расчет аэродинамических характеристик выполнен с помощью программного комплекса ANSYS CFX (лицензия ЦАГИ №501024) на неструктурированных расчетных сетках с применением модели турбулентности Ментера (модель переноса сдвиговых напряжений - SST).

На основании результатов расчетных исследований проведена доработка пьедестала, используемой в большой трансзвуковой аэродинамической трубе, крупномасштабной полумодели пассажирского регионального самолета. Доработанная полумодель испытана в АДТ при числах Маха M=0.4; 0.7; 0.78 в диапазоне углов атаки от -4° до 16°. При хорошем согласовании несущих свойств и моментных характеристик, показано 25-30% снижение прироста аэродинамического сопротивления доработанной полумодели по сравнению с первоначальным вариантом конструкции на всех указанных режимах.

Модель перспективного разведывательно-ударного беспилотного летательного аппарата «Скворец»

Сашин А.П.
Научный руководитель – Маркин Н.Н.
МАИ, каф. 106
switteramm@gmail.com

В современном мире тема беспилотных аппаратов актуальна как никогда. Их хотят получить в своё распоряжение все структуры, начиная от геологов и заканчивая силовыми спецподразделениями. Этот интерес объясняется тем, что беспилотные летательные аппараты (БПЛА) намного дешевле в обслуживании, чем их пилотируемые «собратья». Для многих из них не требуются специально подготовленные взлётные полосы, так как они могут взлетать вертикально или же отрываться от земли с помощью катапульты.

Сейчас все ведущие армии мира занимаются созданием своих прототипов БПЛА, который будет превосходить иностранные аналоги. Некоторые из них по своим характеристикам уже вплотную подошли к самым современным пилотируемым образцам техники. Существует прототип, способный самостоятельно производить посадку на палубу авианосца. Это подтверждает, что беспилотные летательные аппараты всё более широко используются в различных сферах военного искусства и на разнообразных театрах военных действий по всему миру. Из этого следует, что постройка БПЛА является ключевой задачей для многих стран.

Актуальность исследования состоит в том, что сейчас данная отрасль техники стремительно развивается и за данным видом техники будущее.

Цель: создание перспективной конструкции разведывательно-ударного БПЛА.

Предметом исследования является беспилотный летательный аппарат.

Задачи:

1. Изучить истории развития БПЛА.
2. Сравнение и выявление недостатков существующих образцов БПЛА.
3. Проектирование и моделирование собственного БПЛА.
4. Обоснование целесообразности собственного проекта.

В перспективе постройка полноразмерного летающего прототипа.

Для решения поставленных задач использовались следующие **методы:** анализ источников информации, измерение, моделирование, эксперимент, обобщение.

Гипотеза: можно усовершенствовать аэродинамические характеристики БПЛА.

Предмет исследования – конструкционные особенности и аэродинамика БПЛА.

Объект исследования – модель БПЛА, созданная в процессе работы.

Практическая значимость:

Данный проект может служить примером для анализа и постройки современных летательных аппаратов.

В ходе работ по созданию БПЛА была изучена история развития беспилотных аппаратов, основные конструкционные особенности, сферы применения в прошлом и современности. Проанализированы возможности применения различных комплексов вооружения и другого бортового оборудования в конструкции БПЛА «Скворец».

БПЛА – это будущее авиации. Сейчас же все сферы жизни человека роботизируются, и авиация не должна отставать в этом нелёгком, но интересном деле.

Влияние формы поперечного сечения корпуса на нагружение корпуса дирижабля при поступательном движении

Та Суан Тунг
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Семенчиков Н.В.
МАИ, каф. 105
tungt3q@gmail.com

Изменение формы поперечных сечений корпуса дирижабля может существенно влиять на величины аэродинамических локальных и суммарных сил и моментов,

действующих на корпус дирижабля в полете. В данной работе приводятся результаты исследования распределения коэффициента локальной аэродинамической нормальной силы по длине неоперенных корпусов дирижабля классической схемы (без оперения, гондолы и винтовых движителей; носовое усиление корпуса не учитывалось). Корпуса имели эллиптическое поперечное сечение с параметром эллиптичности $e = a/b$ (a – большая полуось эллипса, b – его малая полуось); e = 0.5; 1.0; 2.0. Обвод корпусов в их меридиональных сечениях задавался дугой, уравнение которой в плоскости x0y связанной с корпусом системы координат с началом в вершине корпуса определялся соотношением $y = 0{,}972D[\bar{x}\ (1 - \bar{x}\ )(1{,}5 - \bar{x}\ )]^{1/2}$ ($\bar{x} = x/L$, L – длина корпуса, $D = 2a$). При изменении формы поперечного сечения корпуса его объем оставался постоянным. **Углы атаки корпусов изменялись в диапазоне** $\alpha = 0...50^{\circ}$, угол скольжения был равен нулю, удлинения корпуса варьировались в пределах $\lambda = 4{,}5...12$, числа Рейнольдса были равны $\mathrm{Re} = 5{,}3.10^6$ ($\mathrm{Re} = VW^{1/3}/\nu$, где V – скорость поступательного движения корпуса, W – его объем, ν – кинематическая вязкость воздуха).

Исследование влияния изменения поперечных сечений корпуса на аэродинамические характеристики корпусов дирижаблей осуществлялось численно. Использовались осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса, замкнутые моделью турбулентности «*k*-ω *SST*» и метод конечных объемов. Решение задачи было выполнено с помощью программного комплекса *Ansys Fluent 15* (лицензия № 00632255) и дополнительных программ автора. Течение в окрестности корпуса предполагалось турбулентным. Кроме численных расчетов были рассчитаны распределения по длине корпуса локальных аэродинамических нормальных сил $Y_{\text{сеч}}$ по методу Мунка с поправками Эпсона и Кармана. Проведено сравнение их результатов с данными численного эксперимента.

Найдено, что распределение локальных нормальных аэродинамических сил $Y_{\text{сеч}}$ по длине корпуса дирижабля заметно зависит от величин угла атаки, параметра эллиптичности e и удлинения корпуса λ. Как и следовало ожидать, с ростом угла атаки $Y_{\text{сеч}}$ увеличиваются при всех значениях удлинения корпуса λ и параметра e. Величина параметра эллиптичности e заметно влияет на характер изменения $Y_{\text{сеч}}$ по $\bar{x} = x/L$ (x – координата сечения, отсчитываемая от носка корпуса вдоль его оси) и значения $Y_{\text{сеч}}$ в поперечных сечениях корпуса при $\alpha = \text{const}$ и $\lambda = \text{const}$. С ростом параметра e при $\alpha = \text{const}$ величины $Y_{\text{сечmax}}$ растут, особенно сильно при переходе от корпуса с круговым поперечным сечением (e =1) к корпусу с эллиптическим поперечным сечением с параметром e = 2. $Y_{\text{сеч}} = max$ достигаются для всех вариантов корпусов при $\bar{x} \approx 0.2\ldots0.3$, при этом меньшие значения этой координаты имеют место при $\lambda \geq 8$. При углах атаки $\alpha \geq \alpha_1$ (угол α_1 зависит от удлинения корпуса, уменьшаясь с его ростом) нагружение кормовой части корпуса с параметром e = 2 оказывается меньше, чем у корпусов с параметром e = 0,5…1.

При углах $\alpha < 30^{\circ}$ характер распределений $Y_{\text{сеч}}$ по длине корпуса, полученных по методу Мунка и при численном моделировании, предсказывается вполне удовлетворительно для всех рассмотренных удлинений λ и параметра эллиптичности e . При этих углах атаки с ростом λ совпадение значений $Y_{\text{сеч}}$, найденных по Мунку и при численном моделировании при $\bar{x} = \text{const}$, улучшается.

Аэродинамические характеристики ступеней ракет-носителей при их разделении

Чумакова Е.А.
Научный руководитель – Липницкий Ю.М.
МАИ, каф. ИТвМСС
chumakova27@mail.ru

В рамках данной работы рассматривается вопрос о безопасном разделение ступеней ракеты-носителя. Принцип отделения первой ступени от второй заключается в

том, что двигатели второй ступени запускаются раньше начала выключения двигателей первой ступени. Такое разделение называется «горячим».

Опасность заключается в том, что при разделении ступеней может произойти соударение. В связи с этим, при отделении первой ступени важно определить аэродинамические характеристики, и знать динамику относительно движения.

Ранее проводились эксперименты по моделированию истечения газа из сопла и замерялись силы, действующие на вторую ступень. Расчеты проводились для фиксированных положений ступеней ракет-носителей.

Предлагается методика для проведения имитационного моделирования. Решается в комплексе уравнение газодинамики и динамики движения тела. Путём решения уравнений газовой динамики определяются распределение давления и нагрузки, действующие на ступень. Затем задаётся шаг интегрирования уравнений динамики движения тела

Производиться интегрирование уравнения движения первой ступени относительно второй. Рассматривается ситуация, когда первая ступень уже отделилась от второй по причине израсходования топлива, а вторая ступень ещё с полным топливным баком. В связи с этим, масса второй ступени намного больше первой, и поэтому пренебрегается изменение скорости движения первой ступени, и акцентируем внимание на динамике движения первой ступени под воздействием струи работающего двигателя.

Была разработана программа построения вычислительной сетки для исходного заданного расположения ступени. По заданным граничным условиям, такие как: тело обтекается набегающим потоком, на границе фигуры непроницаемая для газа стенка (задаём непротекание газа).

Разработана программа, позволяющая рассчитывать разделение ступеней. После исходного заданного положения тела каждое последующее положение определяется из уравнения динамики. Для расчёта задач используется метод интегрирования, являющийся модификацией метода Годунова-Родионова.

Алгоритмы для решения газодинамических задач были реализованы в среде разработки Microsoft Developer Studio. Полученные результаты при расчётах представлены в формате, пригодном для визуализации и построения графиков в программных пакетах.

Таким образом, новая методика позволяет одновременно рассчитывать газодинамику и движение первой ступени относительно второй, и тем самым прояснить вопросы безопасности разделения ступеней ракет-носителей.

Секция «Динамика и управление полётом ЛА»

Исследование влияния типа и характеристик рычага управления на свойства системы самолёт-лётчик

Александров В.В., Валеров К.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ефремов А.В.
МАИ, каф. 106
la2thesky@mail.ru

В работе исследовано влияние различных типов рычагов управления, а также способов передачи управляющих сигналов в тракт управления.

Теоретические исследования показали, что использование в качестве управляющего сигнала усилия, прикладываемого летчиком к рычагу управления при одновременном его перемещении должно приводить к улучшению частотных характеристик летчика, а, следовательно, к улучшению точности пилотирования.

Экспериментальная часть работы выполнена на пилотажном стенде МАИ TL-39, имеющем специальную систему моделирования усилий на рычаге управления фирмы «MOOG», позволяющую в широком диапазоне изменять градиент усилий на ручке, а также оснащенную специальными сенсорами перемещения ручки и прикладываемых к

ней усилий. На стенде летчиком решалась задача компенсаторного слежения. После выполнения эксперимента проводилась обработка результатов с использованием программного обеспечения, разработанного в НИЛ ПССЛ МАИ, которая позволила получить широкий набор частотных, спектральных и интегральных характеристик системы самолет-летчик. Исследования показали, что как в продольном, так и в боковом каналах управления, использование в качестве управляющего сигнала усилий, прикладываемых на ручке (изотонический рычаг), привело к уменьшению фазового запаздывания, вводимого летчиком в области средних и высоких частот. Это свойство проявляется как для боковой, так и для центральной ручки управления, а также для различных динамических конфигураций и градиентов усилий на ручке Рх. В продольном канале уменьшение фазового запаздывания на частоте 10 1/с составляет 120 – 70 градусов для бокового и 50 – 70 градусов для центрального рычага управления.

Исследования также показали, что в случае, когда использовался изотонический рычаг, достигается более высокая точность. При этом дисперсия сигнала ошибки снижается на 30 %, а в боковом канале – до 50 %. В целом, отмеченный эффект в большей степени проявляется при использовании боковой ручки управления.

В работе отдельно была проведена серия экспериментов для выявления различия поведения летчика при выполнении задачи компенсаторного слежения в продольном и боковом каналах при одинаковой динамике объекта управления. Исследования показали, что в продольном канале, особенно для объектов с ухудшенной динамикой, управление в боковом канале характеризуется большим фазовым запаздыванием. В частности, при управлении объектом с передаточной функцией разность фазовой характеристики летчика на частоте 10 1/с возрастает до 90о, что соответствует росту фазового запаздывания примерно равному 0,16 с. Этот результат необходимо учитывать при математическом моделировании управляющих действий летчика при управлении в продольном и боковом каналах.

Расход и запас топлива самолёта

Воронин А.П.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Маркин Н.Н.
МАИ, каф. 106
i89154590142@yandex.ru

Расход топлива у самолётов является одним из важнейших показателей, определяющих эффективность их эксплуатации. При прочих равных условиях более низкий расход топлива у самолёта означает меньшие издержки для авиакомпаний, эксплуатирующих данный тип самолётов. На современных самолетах запасы топлива могут достигать многих десятков тонн. При полетах на значительные расстояния топливо размещают в большом количестве баков, устанавливаемых в крыле и реже в фюзеляже.

Чтобы оптимально рассчитать запас топлива, нужно знать, на что оно расходуется. Основное количество топлива расходуется на горизонтальный полет самолета. Перед полетом двигатель запускается и прогревается, при этом расходуя топливо. Продолжительность прогрева зависит от температуры воздуха. Зимой он длится больше, чем летом. Расход топлива на земле зависит также от расстояния, которое самолет должен пройти с места стоянки до старта, и продолжительности ожидания разрешения на вылет. Иногда после взлета выполняется полет по кругу, а также не всегда можно произвести посадку «с ходу», и необходимо учитывать расход топлива на круги при взлете и перед посадкой. Расход топлива при наборе и снижении зависит от скорости полета и режима работы двигателей. При наборе высоты и снижении следует использовать режимы, обеспечивающие экономный расход топлива. При полном сливе топлива с самолета на земле в топливных баках все равно остается небольшая часть топлива, которая не может быть слита вследствие конструктивных особенностей топливной системы самолета. Это несливаемое количество топлива называется невырабатываемым остатком топлива. При расчетах учитывается также гарантийный запас топлива (количество топлива, которое должно остаться в баках после посадки), обеспечивающий безопасность полета. В каждом

конкретном случае гарантийный запас топлива устанавливается с учетом условий выполнения полета.

Оптимальные режимы набора высоты определяются при испытании самолета и записываются в инструкцию по расчету дальности и продолжительности полета. При подготовке самолета к полету, используют уже подготовленный расчет загрузки самолета, при этом могут производить некоторые корректировки и пересчет нужного количества топлива, учитывая особенности конкретного самолета. Также необходимо учитывать такие особенности рейса, как расположение запасных аэродромов и погодные условия. Погода по пути следования и над местом назначения может потребовать оставаться в зоне ожидания дольше, что тоже повлияет на необходимый запас, и, в силу отличия аэропортов, иногда выгоднее заправляться в одном аэропорту сразу на два полета.

Таким образом, полная заправка топлива на самолете складывается из суммарного расхода топлива при работе двигателей на земле, при взлете и полете по кругу, при горизонтальном полете, при снижении, при полете по кругу перед посадкой, при посадке с учетом невырабатываемого остатка и гарантийного запаса топлива. Зная эти слагаемые, можно найти необходимое количество топлива, которое, приблизительно, и будет оптимальным.

Создание части комплексной САУ БПЛА на основе аэрошюта для проведения исследований органов управления

Доренский М.Ю.
Научный руководитель – ст. преподаватель Ахрамович С.А.
МАИ, каф. 604
michail.1994@mail.ru

В настоящее время развитие современных технологий в области аэродинамики, композитных материалов, инерциальных и спутниковых навигационных систем, достижения в области электроники, а также развитие робототехники и компьютерных технологий позволили выйти на качественно новый уровень в создании беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). БПЛА нашли свое место в современной деятельности. Гражданское применение БПЛА уже достаточно хорошо развито, область применения БПЛА весьма обширна и включает в себя мониторинг окружающей среды (мониторинг загрязнений, наблюдение за погодой и решение научных задач), мониторинг лесных пожаров, воздушную разведку и картографирование, а также контроль дорожного движения, точное земледелие, специализированные сети связи, исследования в области сельского хозяйства.

Предлагается создать БПЛА на основе аэрошюта с гибким крылом. Аэрошют – моторный летательный аппарат с крылом не жесткой (парашютной) конструкции, оснащенный колесной тележкой на которой располагается полезная нагрузка. Гибкое крыло – крыло, отличающиеся от крыла парашютной конструкции другим материалом лонжеронов и нервюр. Гибкие лонжероны обеспечивают изгиб крыла и предотвращают сложение. Планируется что аэрошют будет обладать следующими характеристиками: массой полезной нагрузки до 15 кг, высотой полета до 2000 м, воздушной скоростью горизонтального полета до 50 км/ч при максимальной загрузке.

Аэрошют должен выполнять задачу по облету точек, заданных диспетчером перед запуском. Запуск аэрошюта осуществляется с рук при включенном двигателе. Затем при максимальной тяге двигателя БПЛА начинает набирать высоту. В полете БПЛА самостоятельно, используя бортовые датчики и органы управления, наводится и выполняет поставленную задачу. В случае нештатной ситуации (имеется ввиду только поломка или неисправность одного, или нескольких датчиков) бортовая система принятия решения решает задачу о дальнейшем управлении БПЛА: продолжить движение ориентируясь только на работающие датчики или совершить мягкую посадку там, где это возможно. За маневрирование БПЛА отвечают 2 сервопривода, к которым прикреплены рейки, а к ним, в свою очередь, уже прикреплены управляющие стропы, которые отклоняют заднюю правую или левую кромку гибкого крыла. Получив сигнал от

микроконтроллера, сервопривод поворачивает рейку, к которой привязаны стропы, тем самым обеспечивая управление по курсу.

Для функционирования аэрошюта надо создать САУ, которая будет решать задачи стабилизации и управления БПЛА. Перед созданием САУ предполагается создать исследовательский стенд для отработки режимов управления и отработки компонентной базы БПЛА.

В докладе рассматривается созданный стенд, приводится его функциональная, структурная и электрическая схемы.

Автоматизация процесса посадки самолета на палубу авианесущего крейсера

Ефименко А.Б.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Ефремов А.В.
МАИ, каф. 106
nyura.efimenko.95@mail.ru

В условиях повышенных требований точного выполнения целевых задач, таких как посадка на сверхкороткую полосу или посадка на палубу авианосца, пилотирование самолетом с ухудшенными характеристиками управляемости является причиной снижения безопасности полетов. При выполнении выше упомянутых задач, летчику необходимо обладать снайперской точностью. В процессе посадки летчик должен управлять траекторным движением самолета, которое характеризуется высоким порядком астатизма. Кроме этого, задача усложняется тем, что управление углом наклона траектории является обращенным. При взятии ручки «на себя» вызывает движение самолета вниз, это происходит в виду снижения скорости полета и увеличения индуктивного сопротивления за счет увеличения угла атаки. Все это, вынуждает летчика образовывать дополнительные контура, тем самым ему необходимо использовать два рычага управления одновременно: ручку управления для изменения угла тангажа и сектор газа стабилизации скорости полета. Одновременное управление двумя рычагами управления порождает увеличение нагрузки на летчика. При необходимости выполнения точного пилотирования ряд факторов вызывает стресс у летчика, что увеличивает вероятность возникновения аварийной ситуации.

Для упрощения процесса точного пилотирования самолетом на этапе посадки, с целью улучшения его пилотажных характеристик, используется автоматизация самолета. С этой целью в работе рассмотрен алгоритм системы автоматизации контура ручного управления, предусматривающий введение индикации проекции вектора скорости на экран. Информация, получаемая благодаря введению вектора скорости, позволяет получать летчику дополнительную информацию об отклонении угла атаки относительно заданного значения и угла наклона траектории.

Экспериментальные исследования по оценке эффективности средств автоматизации проводились на пилотажном стенде МАИ с цифровой системой визуализации.

Для реализации экспериментов на стендах было создано программное обеспечение математической модели пространственного движения Су-30.

Проведенные исследования показывают, что передача проекции вектора скорости на экран приводит к более точному процессу отслеживания положения глиссады и уменьшению разбросов точек касания на палубу. Также введение дополнительной индикации существенно уменьшает загрузку летчика.

Анализ перспективных средств улучшения пилотажных характеристик

Ефремов Е.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ефремов А.В.
МАИ, каф. 106
pvl@mai.ru

Работа выполнена в рамках реализации 218 Постановления Правительства РФ в соответствии с договором №02.G25.31.0209 от 27.04.2016г. между АО «РСК «МиГ» и Министерством образования и науки РФ об условиях предоставления и использования субсидии на реализацию комплексного проекта по созданию высокотехнологического производства, выполняемого с участием МАИ в соответствии с договором № 700020155 от 21.01.2016г.

В работе рассмотрен один из наиболее перспективных вариантов средств улучшения пилотажных характеристик, позволяющий существенно их улучшить на таких сложных режимах полета как, например, заход на посадку. Таким средством является прогнозный дисплей, в котором программная траектория изображается в виде так называемого пространственного коридора. Внутри этого коридора на определенном расстоянии от оператора изображается прямоугольное окно, движущееся внутри коридору со скоростью, равной скорости самолёта, на плоскость которого проецируется вектор скорости. В этом случае задачей оператора или лётчика является выдерживание этой точки в центре данного окна.

В работе показано, что увеличение времени прогноза (что определяет расстояние от оператора до плоскости), приводит к уменьшению ошибки слежения прогнозной координаты, однако при этом уменьшается точность отслеживания текущей высоты. Показана возможность определения оптимального времени прогноза (Тпр), обеспечивающее минимальную дисперсию ошибки по высоте. Оптимизация времени прогноза осуществлялась в два этапа. На первом – определяются параметры модели лётчика для разных времён прогноза, при которых обеспечивается минимум дисперсии ошибки отслеживания прогнозной координаты. На – втором проводится математическое моделирование для разных Тпр и значений параметров модели лётчика, позволяющее вычислить дисперсию ошибки слежения текущей высоты. В результате вычислений было получено оптимальное время прогноза.

Математическое моделирование в работе проводилось для математической модели пассажирского самолета в посадочной конфигурации для двух вариантов. В первом управление в канале тангажа осуществляется только лишь отклонением руля высоты. Во втором предполагается дополнительно использовать орган непосредственного управления подъёмной силой. С его помощью появляется возможность изменять высоту путём управления углом атаки при неизменном угле тангажа. В результате моделирования было получено, что второй вариант управления упрощает динамику самолета и позволяет добиться более высокой точности пилотирования.

Система оптимального управления угловым движением многорежимных летательных аппаратов

Зайцева Н.С., Соколова А.А
Научный руководитель – к.т.н. Терентьев С.А.
КНИТУ-КАИ, каф. АиУ
anyasokolova@bk.ru

Актуальность работы обусловлена ростом заинтересованности к созданию беспилотных летательных аппаратов в военной и гражданской промышленности. Одним из перспективных направлений создания беспилотной авиационной техники, является создание многорежимных беспилотных летательных аппаратов, полет которых происходит в широком диапазоне значений скоростей и высот. Обеспечение неизменности качества переходных процессов является актуальной задачей построения систем управления.

Задачей, на решение которой направлен проект, является создание системы адаптивного управления многорежимными беспилотными летательными аппаратами. Система обеспечивает возможность расчета оптимальных передаточных чисел законов управления рулями летательного аппарата в реальном режиме времени.

Оптимальность передаточных чисел обеспечивает неизменность качества управления во всем эксплуатационном диапазоне высот и скоростей, что чрезвычайно актуально для многорежимных летательных аппаратов. Данная система предназначена для создания вновь разрабатываемых систем управления летательными аппаратами с одной плоскостью симметрии и для модернизации уже существующих.

В качестве методов построения контуров управления, обеспечивающих неизменность качества управления в каждом режиме полета самолета, предполагается использовать интегрально-квадратичные критерии качества. Данный подход является дальнейшим развитием работ научной школы по созданию систем управления, сложившимся на базе кафедры Автоматики и управления КНИТУ-КАИ. Особенностью предлагаемых методов является простота их технической реализации в реальном режиме времени на борту летательного аппарата.

Авторами создана программа для расчета оптимальных передаточных чисел канала элеронов на основе сложной интегральной квадратичной оценки для обеспечения управления по углу крена и угловой скорости. Сложная интегральная квадратичная оценка позволяет обеспечить управление углом крена с учетом характеристик привода. Реализация переходных процессов с декрементом затухания, равным 0,707 позволяет обеспечить перерегулирование не хуже 5%, при этом значительно снизив энергетические затраты контура управления по сравнению с переходными процессами без перерегулирования.

Учет динамики привода при расчете контура управления значительно увеличивает достоверность результатов при применении на реальных объектах управления.

Новизна применяемых подходов подтверждается свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ, авторами которых являются участники проекта.

Исследование синтеза оптимальных систем управления методом размещения собственных значений матрицы

Золотарев А.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Маркин Н.Н.
МАИ, каф. 106
lyoha996@mail.ru

Произвол в выборе желаемых корней и простота определения значений коэффициентов обратных связей по может привести к неверному выводу о том, что в замкнутой системе можно добиться любого качества процессов управления. В рамках линейных математических моделей это, разумеется, так. Однако линейные модели адекватны реальным системам только для малых отклонений переменных состояния и управления и ограниченных диапазонов частот. Стремление к быстрому затуханию процессов — выбор больших по модулю желаемых корней, т.е. увеличение степени устойчивости (быстродействия), приводит к тому, что некоторые из переменных состояния и переменная управления за время процесса изменяются с большой скоростью и принимают очень большие значения. Для объяснения быстрых движений исходные модели оказываются не вполне адекватными системе — в них не учтены малые инерционности объекта, измерителей, исполнительных механизмов, ставшие теперь существенными. Поэтому при назначении желаемых собственных значений матрицы системы следует ориентироваться на границы области адекватности. Кроме того, необходим анализ процессов в синтезированной системе при типовых и других начальных условиях с целью проверки допустимости отклонений переменных состояния v(t) и управления u(t).

Проблема выбора желаемых корней — это и есть основная проблема синтеза в описанной методике. Она должна решаться с учетом комплекса условий. При значительной априорной неопределенности о поведении объекта и системы задача решается путем итераций, и, по существу, результатом синтеза одновременно являются коэффициенты обратных связей и окончательно установленные желаемые корни.

Задача синтеза оптимальных систем управления с заданной структурой – задача синтеза оптимальных параметров. Она заключается в определении матрицы регулятора состояния K из условия желаемого расположения собственных значений матрицы системы (корней характеристического полинома системы). В данной работе таковыми являются весовые коэффициенты, при перемножении которых на матрицу динамических коэффициентов управления и замыкании системы обеспечиваются требуемые собственные значения.

В ходе работы рассмотрен метод размещения собственных значений матрицы динамических коэффициентов, с помощью которого и вычисляются искомые весовые коэффициенты.

Анализ альтернативных вариантов интеграции перспективных средств отображения информации и системы управления в условиях временного запаздывания

Иргалеев И.Х.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Тяглик М.С.
МАИ, каф. 106
pvl@mai.ru

Работа выполнена в рамках реализации 218 Постановления Правительства РФ в соответствии с договором № 02.G25.31.0209 от 27.04.2016г. между АО «РСК «МиГ» и Министерством образования и науки РФ об условиях предоставления и использования субсидии на реализацию комплексного проекта по созданию высокотехнологического производства, выполняемого с участием МАИ в соответствии с договором № 700020155 от 21.01.2016г.

Проблеме улучшения пилотажных характеристик самолета посвящено значительное число работ. Одним из классов задач пилотирования является задача точного управления траекторным движением летательного аппарата, к которым относятся отслеживание глиссады при посадке на ВПП или палубу авианосца, облет рельефа местности, дозаправка в воздухе (на заключительном этапе). В связи с развитием авионики и широким использованием дисплеев на борту самолета в последние 20-25 лет появился ряд работ по созданию нового поколения дисплеев, на экране которых формируется прогнозная индикация траекторного положения. Помимо этого, такие дисплеи отображают коридор, в котором должен двигаться ЛА. Подобная индикация позволяет летчику оценить текущее положение в пространстве и перейти от компенсаторного слежения к управлению с предвидением.

Настоящая работа посвящена развитию методики синтеза прогнозной индикации, позволяющей учесть характерную особенность динамики высокоавтоматизированных самолетов – запаздывание в передаче управляющего сигнала от летчика к органам управления. Такое запаздывание связано с различными фильтрами в тракте управления, цифровой реализацией алгоритмов управления, динамикой приводов, ограничениями на скорость отклонения рулевых поверхностей и рядом других причин. Для разных ЛА величина запаздывания колеблется в диапазоне от 0.07 до 0.2÷0.25 сек. В работе решена задача синтеза прогнозной индикации, предложены законы ее формирования для подавления временного запаздывания с целью улучшения пилотажных характеристик в задачах точного траекторного управления, в частности, при посадке самолета, динамика которого характеризуется временными задержками в тракте управления. Эффективность средств улучшения пилотажных характеристик оценена путем проведения исследований на пилотажном стенде.

С целью проверки полученных результатов в работе была проведена серия экспериментов на специально созданной установке полунатурного моделирования, на стереоскопическом экране которой отображалась синтезированная с помощью цифровой системы визуализации внешняя обстановка, на которую накладывалось изображение 3D туннеля с движущейся внутри него со скоростью самолета плоскостью. На эту плоскость проецировался прогнозный угол. Задачей оператора являлось совмещение прогнозной метки с центром плоскости при одновременном удержании самолета в каждый момент времени на глиссаде. Отображение трехмерного коридора позволяло летчику оценить положение самолета относительно глиссады.

Предложенный способ формирования прогнозной индикации позволяет практически полностью компенсировать эффект запаздывания в тракте управления и обеспечить высокую точность отслеживания программной траектории.

Методика синтеза алгоритмов управления беспилотными летательными аппаратами в режиме группового полёта

Календжян К.К.
Научный руководитель – к.т.н. Савченко А.Ю.
ВУНЦ ВВС «ВВА»,
savaau@mail.ru

В настоящее время актуальной является задача автоматизации управления беспилотными летательными аппаратами (БЛА) в режиме группового полета. Сегодня управление групповым полетом БЛА производится соответствующим количеством операторов по нескольким каналам управления одновременно. Предлагается использовать для группового полета алгоритмы децентрализованного управления с модельной координацией, что позволит использовать один канал управления для всех БЛА в группе. В этом случае оператор управляет непосредственно ведущим БЛА, но сигнал управления доступен ведомым. В системах управления ведомых сигналы управления формируются на основе управляющего сигнала на ведущего с использованием эталонных моделей остальных БЛА в группе.

Требования к качеству управления задаются с помощью эталонных моделей. Кроме того, использование одной эталонной модели для всех БЛА позволяет обеспечить одинаковую реакцию даже различных типов БЛА группы на управляющее воздействие, формируемое оператором (при условии физической реализуемости заданного управления всеми БЛА группы).

В общем виде задача синтеза заключается в расчете алгоритмов управления для каждого БЛА группы, обеспечивающих нулевую ошибку слежения за соответствующей эталонной моделью в идеальных условиях (без возмущений). Выбранная структура алгоритмов управления включает два определяющих параметра:

матрицу предкомпенсаторов, характеризующих динамику объектов группы, и обеспечивающих нулевую ошибку слежения объектов управления за эталонными моделями в идеальных условиях;

матрицу децентрализованных статических регуляторов для каждого объекта, обеспечивающих его робастную стабилизацию и оптимальное подавление внешних возмущений по критерию минимума следа инвариантного эллипсоида.

Для расчета представленных параметров разработана методика синтеза децентрализованных алгоритмов управления, состоящая из следующих шагов.

1. Составляются линеаризованные математические модели движения отдельных БЛА в векторно-матричной форме.

Для каждого БЛА разрабатываются соответствующие эталонные модели исходя из требований к качеству управления.

На основе анализа задач управления группой БЛА определяются матрицы взаимосвязи составной системы.

Для описания движения группы БЛА формируется модель составной системы с учетом задачи управления, а также внешних и параметрических возмущений.

Проверяется условие разрешимости задачи синтеза.

Рассчитывается матрица передачи децентрализованных стабилизирующих робастных регуляторов.
Определяется передаточная матрица предкомпенсаторов.

Для проведения численных исследований полученных алгоритмов управления разработана схема моделирования в среде Simulink системы MATLAB.

Численные исследования предложенного подхода для управления групповым полетом БЛА демонстрируют его работоспособность.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты № 14-08-00640-а, 16-08-00311-а.

Принцип активного оператора на примере лётчика самолёта

Караваева Е.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Назаренко Н.А.
СПбГЭТУ «ЛЭТИ», каф. ИС
karavaeva_elizaveta@inbox.ru

Постепенно все большее количество функций в технической системе, которые раньше мог выполнять только оператор, теперь могут быть возложены на машину. Но значит ли это, что именно так стоит поступать? Нужно ли стремиться к максимальному освобождению оператора?

В советской инженерной психологии было проведено много экспериментов и опытов. Благодаря им был сформулирован принцип активного оператора: при распределении функций между оператором и автоматом надо добиваться того, чтобы человек был не пассивным придатком машины, а выполнял бы активную роль.

Важность принципа активного оператора легко продемонстрировать на примере летчика.

На первый взгляд кажется, что использование в самолетах системы автоматической посадки должно сильно облегчать физическое и психологическое состояние пилота. Раньше приходилось вручную сажать самолет, теперь же можно просто спокойно сидеть и наблюдать за автоматикой, которая сама производит посадку. Однако, введение автопилота только повысило нервное напряжение летчиков.

При ручном управлении у оператора возникает ощущение слияния с воздушным транспортным средством, он чувствует свою власть над ним, уверенность в своих возможностях справиться с любой ситуацией. Пилот дает команды самолету и тут же получает ответные реакции машины. При автоматическом же управлении пилот всего этого не испытывает. Он является всего лишь пассивным наблюдателем.

Но дело не только в психологии. При продолжительном времени использования автоматического управления пилот теряет свои навыки, его внимание притупляется, чувствительность падает, мыслительные процессы замедляются. В общем он постепенно теряет способность к экстренному реагированию.

Здесь возникает вопрос: неужели об автоматическом управлении следует забыть и вернуться полностью к ручному пилотированию?

Оптимальным решением является совмещение ручного и автоматического управления самолетом. Пусть компьютер предоставляет оператору необходимую информацию о состоянии различных параметров полета и подсказывает, как именно надо управлять самолетом. Но именно управлять должен сам оператор.

При проектировании технических систем нельзя забывать о деятельности человека в них. Ее следует изучать и моделировать. Также должны быть рассмотрены условия, в которых оператор оказывается, выполняя возложенные на него функции, и исследованы психические состояния человека. Технические устройства должны создаваться с учетом таких исследований. Исключительно в таком случае будет получено максимальное взаимодействие человека и машины, а это является залогом эффективности и надежности системы.

Ответ на вопрос, поставленный вначале: стоит ли стремиться к максимальному освобождению оператора, является отрицательным. Нет, не стоит. Человек должен

активно участвовать в процессе управления техническими системами, стремиться к цели и переживать за результат. Автоматика не должна забирать работу у человека, она должна облегчать ее.

Задача синтеза оптимальных систем с заданной структурой

Карасёва Я.С.
Научный руководитель — доцент Маркин Н.Н.
МАИ, каф. 106
yanakaraseva1996@mail.ru

В синтезе оптимальных систем управления с заданной структурой ставится задача синтеза оптимальных параметров. Ими являются значимые коэффициенты, коэффициенты вычисляются с помощью метода размещения собственных значений матрицы динамических коэффициентов (уменьшается скороподъемность), при перемножении которых на матрицу коэффициентов управления и замыкании всей системы обеспечиваются требуемые собственные значения, а с ними – и определенные формы движения.

При размещении собственных значений матрицы, есть сильно колебательные значения, которые выходят за рамки дозволенного. Следовательно, такие собственные значения необходимо переместить. Простота определения значений коэффициентов обратных связей может привести к неверному выводу о том, что в замкнутой системе можно добиться любого(желаемого) качества процессов управления, но это не так. Это работает, только в линейных математических моделях для малых отклонений переменных состояния и управления и ограниченных диапазонов частот. Увеличение степени устойчивости(быстродействие) взаимодействует с быстрым затуханием процессов, это приводит к тому, что почти все из переменных состояния и переменная управления за время процесса превосходят результаты с большой скоростью и принимают неверные значения. Для объяснения быстрых движений исходные модели, оказываются не вполне адекватными системе — в них не учтены малые инерционности исследуемого объекта, измерителей, исполнительных механизмов, ставшие теперь существенными (благодаря им определяют требуемые измерения). Эти малые инерционности, в данной сфере исследования, играют основную роль, поэтому при назначении необходимых значений матрицы системы следует сосредоточиться на границах области адекватности, очень тщательно их выбрать Кроме того, необходим анализ процессов в синтезированной системе при типовых и других начальных условиях с целью проверки допустимости отклонений переменных состояния и управления.

Проблема выбора желаемых корней – это и есть основная проблема синтеза оптимальных систем управления. Она должна решаться с учетом комплекса значительных условий. При значительной априорной неопределенности о поведении объекта и системы задача решается путем множества итераций, и, по существу, результатом синтеза одновременно являются коэффициенты обратных связей и окончательно установленные желаемые корни, что приведет к требуемому результату.

Приведем пример, что после проведения синтеза увеличивается быстродействие системы, перерегулирование, уменьшается установившееся значение, неустойчивые формы движения стали устойчивыми и имеют заданные формы движения из этого следует, что с ростом высоты полёта система до и после коррекции становится менее быстродействующей, уменьшаются установившиеся значения и перерегулирования, что связано с уменьшение скоростного напора.

Групповое применение беспилотных планирующих крылатых летательных аппаратов

Карпежников Е.И., Полищук М.А., Полищук М.В.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Грумондз В.Т.
МАИ, каф. 106
Karpezhnikov@rambler.ru, maxipol@mail.ru

Работа посвящена решению весьма актуальной в настоящее время задачи группового применения беспилотных планирующих крылатых летательных аппаратов (БПК ЛА). Рассматриваемая задача имеет множество практических применений и расширяет возможности решения уже ранее сформулированных авторами проблем.

Объектом управления в настоящей работе является беспилотный планирующий крылатый летательный аппарат (БПК ЛА), выполненный по нормальной аэродинамической схеме, оснащенный раскрывающимся крыльевым модулем и «Х»-образным оперением с рулевыми поверхностями в хвостовой части. Рулевые поверхности приводятся в движение при помощи электрических приводов, которыми также оснащен рассматриваемый БПК ЛА. Основной особенностью БПК ЛА рассматриваемого класса является отсутствия силовой установки на борту, что накладывает жесткие ограничения на запас полной энергии объекта управления.

В настоящей работе предложен алгоритм согласованного полета в группе БПК ЛА. Происходит последовательный запуск БПК ЛА одинакового типа с одинаковыми начальными условиями в разные моменты времени. Задача заключается в том, чтобы все запущенные БПК ЛА пришли в заданную точку в один и тот же момент времени.

Для решения поставленной задачи ранее уже были реализованы алгоритмы максимизации дальности полета БПК ЛА рассматриваемого типа, а также алгоритмы облета заранее заданного в виде навигационных точек маршрута.

Одним из существенных элементов предложенного алгоритма является процедура построения конечного множества опорных (навигационных) точек для каждого БПК ЛА из группы. В этом смысле настоящая работа развивает подход, предложенный авторами в предыдущих исследованиях. Предложенный алгоритм учитывает ограничения на начальный запас энергии на левом конце траекторий и обеспечивает требуемую точность на правом конце. Авторами разработан способ формирования траекторий полета по навигационным точкам для каждого БПК ЛА, запускаемого в группе.

Предложенный алгоритм также был расширен и модернизирован, что позволяет решать задачи согласованного полета в группе БПК ЛА при условии наличия какого-либо препятствия на пути к заданной точке.

Построены математические модели движения и управления БПК ЛА, включающие в себя предложенные в работе алгоритмы. Проведено математическое моделирование согласованного полета группы БПК ЛА единого типа. Результаты моделирования, иллюстрирующие работу предложенных алгоритмов также приведены в работе.

Лазерная система оценки параметров воздушной подушки

Картуков А.В., Мальцев Н.А., Субботин П.В.
Научный руководитель – с.н.с., д.т.н. Меркишин Г.В.
МАИ, каф. 407
subbotin.p@mail.ru

Рассматривается практическая реализация системы, способной регистрировать и обеспечивать контроль изменений параметров воздушной подушки, возникающей под самолетом на малой высоте полета.

Актуальность задачи обуславливается необходимостью учета резкого увеличения подъемной силы крыла в условиях возникновения воздушной подушки. Если изменение рельефа местности при полете после прохождения области воздушной подушки приведет к уменьшению ее влияния, экипаж самолета может с запозданием среагировать на изменение ситуации, что, в конечном счете, приведет к значительной потере высоты.

Принцип измерения параметров воздушной подушки основан на явлении рефракции лазерного луча при прохождении через неоднородную среду, в данном случае через воздушную подушку самолета. Как известно, луч в неоднородных слоях будет отклоняться в сторону более плотной среды, по этому отклонению судят о наличии воздушной подушки под самолетом. Зарегистрировать данное отклонение позволяют оптико-электронные средства. Дальнейшая обработка сигнала позволит представить данную информацию в понятной для экипажа воздушного судна форме.

В качестве источника излучения предполагается синий лазер соответствующей мощности, которая рассчитывается в настоящей работе. Определяется уровень отраженного сигнала для различных видов подстилающей поверхности: пашня, лесной массив, трава и т.д. Излучение и прием сигнала производится через полупрозрачное зеркало с выводом излучения на апертуру координатно-чувствительного фотоприемника. Фотодетектором фотоприемника является кремниевый четырехоконный фотодиод. После усиления сигнал подается на аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), после чего обрабатывается с помощью компьютера. Алгоритм обработки информации предполагает формирование сигнала экипажу самолета. Система может быть дополнена лазерным устройством контроля высоты полета перед самолетом. На основе этой информации можно сделать прогноз поведения самолета в ближайшие моменты времени и предупредить экипаж о выполнении требуемых действий.

Лазерная система формирования структуры взаимодействия самолёта с окружающей средой

Картуков А.В., Меркишин Г.В., Назаров А.Н., Никитин Д.А.
Научный руководитель – с.н.с., д.т.н. Меркишин Г.В.
МАИ, каф. 407
prapor068@gmail.com

Полет пилотируемого ЛА основан на реакции летчика на результаты взаимодействия ЛА с воздушной средой. Из-за инерционности системы существует временная задержка между моментами воздействия атмосферной турбулентности и движением ЛА, вызванным этой турбулентностью. Чем больше масса самолета, тем больше эта задержка, тем больше негативные последствия этой задержки (в случае, если не происходит полезное интегрирование относительно малых воздействий).

Для оптимального управления самолетом необходимо иметь полную информацию о характеристиках сил, воздействующих на ЛА, без временной задержки.

Рассматриваемая лазерная система позволяет формировать в полете информацию о параметрах воздушной среды с высоким быстродействием. Она основана на чувствительности лазерного излучения к параметрам среды, в которой оно распространяется. Используется разработанный на кафедре 407 метод регистрации направления лазерного луча, которое изменяется за счет рефракции в неоднородной среде. Лазерный луч направляется параллельно контролируемому участку поверхности ЛА и претерпевает изменения направления, обусловленные неоднородностью среды. В зависимости от расположения фотоприемника может использоваться как прямой луч, так и отраженный от некоторой области. Координатно-чувствительный фотоприемник выдает на выходе сигналы, которые после преобразования в аналого-цифровом преобразователе поступают в компьютер и обрабатываются. Полученная информация вводится в автоматическую систему управления летательным аппаратом.

Моделирование и анализ продольного движения ракеты-мишени «Гвоздика». Отработка структуры и настроек алгоритма управления

Козаренко А.А., Фатенков Н.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Маркин Н.Н.
МАИ, каф. 106
Sam.sharkrider@gmail.com

Разработан алгоритм, формирующий командные сигналы по углу тангажа ϑ^* и угловой скорости ω_z^* (алгоритм траекторного управления) и алгоритм, генерирующий командные сигналы по углу отклонения руля высоты $\delta_в^*$ для отслеживания текущих командных значений ϑ^* и ω_z^* (автопилот). Дано подробное описание математической модели движения и алгоритмов САУ. Моделирование динамики траекторного и углового движения должно подтвердить правильность принятых проектных решений по аэродинамической конфигурации и способность ракеты-мишени выполнять устойчивый полёт по заданным траекториям. В результате расчётных исследований сформированы: математическая модель продольного движения с учётом углового движения относительно центра масс и динамики привода руля высоты; структура управления в продольном канале; алгоритмы, реализующие эту структуру. Должны быть также определены или уточнены настроечные параметры алгоритмов управления.

При заданных ограничениях по приводу руля высоты алгоритмы управления должны обеспечить минимальное отклонение траекторных параметров от опорной траектории, оптимизированной по критерию максимума продолжительности установившегося полёта в зоне применения на режиме H = const.

Активные и пассивные участки полета разбиваются на ряд специфических сегментов, на которых может выполняться либо установившийся полёт с заданными значениями высоты и числа Маха, либо маневрирование в продольной или боковой плоскости. В данной работе в качестве первого этапа рассматривается только продольное движение ракеты мишени, включая движение центра масс, угловое движение относительно центра масс и приближённую модель динамики привода руля высоты.

Математическая модель продольного движения ракеты-мишени включает в себя основные структурные блоки:

- алгоритмы системы автоматического управления;
- модель ракеты-мишени как объекта управления;

На данном этапе основная задача заключается в формировании и поэлементной отработке отдельных блоков алгоритма управления, а модели информационных ошибок и возмущений не используются: $\hat{\boldsymbol{x}}(t) \equiv x(t)$; $\xi \equiv 0$.

Настоящий исследовательский проект войдет в составную часть опытно-конструкторской работы (ОКР) «Разработка конструкции сверхзвуковых ракет-мишеней и наземных средств подготовки, запуска и управления полетом» разрабатываемую в ОАО «НПО Молния» в соответствии с техническим заданием, выданным Головным исполнителем ЗАО «НПО ВСТ» (шифр ОКР «РМ Гвоздика», шифр составной части ОКР «РМ Гвоздика-МКС»).

Особенности оценки устойчивости и управляемости самолёта Су-35

Коновской М.С., Карякин Д.А.
Научный руководитель – к.т.н., с.н.с. Торопов В.А.
Филиал «Взлёт» МАИ, каф. А11
konovskoy99@mail.ru

В настоящее время всё острее ощущается необходимость оценки устойчивости и управляемости сверхманевренного самолёта Су-35 в продольном канале, дающие общие сведения об управлении летательного аппарата. Для самолета характерна широкая номенклатура авиационных средств поражения и установление эксплуатационных ограничений по высоте, углу атаки, перегрузке, приборной скорости и числу М, которое

проводится с проверкой всех режимов и диапазона высот и скоростей в летном эксперименте. Методики оценки характеристик устойчивости и управляемости в летном эксперименте реализуются при выполнении полетных режимов в виде «виражей-спиралей» и «дач» ручки управления самолета по тангажу. При первичной обработке информации получаем записи систем бортовых измерений, при вторичной обработке получаем балансировочные зависимости (по теории квазиустановившегося движения) с последующим получением результатов и определением диапазона устойчивости и управляемости самолёта.

Методика оценки устойчивости и управляемости с использованием «виражей – спиралей» является более сложной с точки зрения пилотирования, но охватывает все режимы диапазона высот и скоростей и является наиболее рациональной. Условиями зачетности режимов полета в испытаниях является выдерживания равномерного темпа и заданного времени увеличения угла атаки, постоянный режим работы двигателя. Изменения параметров полета при выполнении «виража-спирали» должно быть в пределах: ±0,025 по заданному числу Маха , ±250м по заданной высоте. При достижении хорошей устойчивости и управляемости самолета полнее используются маневренные возможности самолета, существенно повышается безопасность полета.

Стабилизация высоты

Кострубин В.А.
Научный руководитель – доцент Маркин Н.Н.
МАИ, каф. 106
mr.kostrubin@bk.ru

В данной работе задача стабилизации высоты производится методом размещения собственных значений (корней) матрицы динамических коэффициентов. Задача синтеза оптимальных систем управления с заданной структурой – задача синтеза оптимальных параметров. В данной работе таковыми являются весовые коэффициенты, при перемножении которых на матрицу коэффициентов управления и замыкании системы обеспечиваются требуемые собственные значения. Проблема выбора желаемых корней — это и есть основная проблема синтеза в описанной методике. Она должна решаться с учетом комплекса условий. При значительной априорной неопределенности о поведении объекта и системы задача решается путем итераций, и, по существу, результатом синтеза одновременно являются коэффициенты обратных связей и окончательно установленные желаемые корни. Использовалась модель короткопериодического движения, производился расчет передаточных функций. В качестве расчетных режимов были приняты 5 высот: 0км, 3км, 6км, 9км, 12км., использовались данные стандартной атмосферы. Задаемся тем, что стабилизация высоты ведется через угол тангажа. Исследовались динамические характеристики в виде анализа реакции системы на ступенчатое воздействие. В результате получили переходные процессы и годографы, по которым можем судить. На основе анализа было сделано заключение о том, что после синтеза увеличивается быстродействие системы, неустойчивые формы движения стали устойчивыми. С ростом высоты и г полёта система становится менее быстродействующей, неустойчивые формы движения стали устойчивыми и имеют заданные формы движения. Также было рассмотрено влияние различных возмущений, граничных условий. Было выяснено, что при заданных начальных условиях летательный аппарат не выходит на заданный эшелон за нужное время.

Таким образом, в ходе выполнения работы был выполнен синтез регулятора путём размещения собственных значений матрицы динамических коэффициентов. Летательный аппарат стал обладать требуемыми динамическими характеристиками, которые задавались в виде собственных частот вращения и коэффициентов относительного демпфирования. Также был выполнен анализ переходных процессов систем до коррекции и после на единичное ступенчатое воздействие. Замкнутая система стабилизируется по высоте в результате действия возмущающих воздействий. Все расчеты проводились в системе MatLab с использованием стандартных программ.

Предпосадочное маневрирование пассажирского самолёта

Круглова Е.В.
Научный руководитель – доцент Маркин Н.Н.
МАИ, каф. 106
kruglova1921@mail.ru

Рассматривается предпосадочное маневрирование пассажирского самолета в зоне аэродрома. Схема полета включает вход в зону аэродрома, маневрирование перед входом в глиссаду, вход и снижение по глиссаде, посадку и торможение на взлетно-посадочной полосе до скорости движения по рулежным дорожкам, причаливание к терминалу высадки и посадки пассажиров, выруливание на взлетную полосу и взлет, набор высоты и выход из зоны аэродрома.

Унификация взлетно-посадочных характеристик воздушных судов позволяет стандартизировать скорости самолета в момент входа в глиссаду, касания ВПП и движения по рулежным дорожкам. Для однотипных воздушных судов эти параметры позволяют выбрать необходимый интервал времени между моментами входа в глиссаду.

Рассматривается расчет маневра самолета перед входом в глиссаду и траектория посадки самолета. Минимальный интервал движения между воздушными судами определяется по безопасному расстоянию и скорости полета на этапе входа в глиссаду. Минимальная дистанция, на которой необходимо начать маневрирование при использовании системы предупреждения столкновения воздушных судов TCAS 2, составляет 1.1 морских миль. Этому интервалу соответствует время 20 секунд при скорости подхода к глиссаде 360 км/час.

Обеспечение безопасности полета с учетом попадания в вихревой след впереди идущего самолета зависит от размаха крыла. В зависимости от размаха крыла безопасный интервал времени рекомендуют выбирать на интервале от 110 до 160 секунд в крейсерском полете, что соответствует расстоянию 6.5 морских миль для самолета типа А-320.

Расчет посадки самолета показывает, что интервал времени с момента начала перехода в посадочную конфигурацию до выхода на рулежную дорожку составляет примерно 120 секунд, с момента касания ВПП до выхода на рулежную дорожку составляет около 40 секунд. В случае посадки с интервалом 20 секунд в момент касания самолетом ВПП на полосе будут находиться два впереди идущий самолета. Первый самолет будет выходить на рулежную дорожку, а второй заканчивать торможение. Более интенсивное использование ВПП в этом случае будет сопряжено с повышенным напряжением экипажей воздушных судов и операторов управления воздушным движением.

Рассматривается выбор интервала времени между посадками воздушных судов с учетом затрат времени на высадку и посадку пассажиров. Сравнение результатов численного моделирования посадки и аналитических расчетов позволяет использовать полученные алгоритмы для прогнозирования затрат времени на полет самолета в зоне аэродрома и посадку на ВПП.

Выполнен расчет траекторий для захода на посадку, определены временные характеристики движения на отдельных участках полета.

Формирование контура воздушного торможения истребителя-бомбардировщика в рамках существующего облика

Лазарева Д.З.
Научный руководитель – доцент Маркин Н.Н.
МАИ, каф. 106
dzdeyn@gmail.com

Отсутствие воздушных тормозов на истребителе-бомбардировщике 4-го поколения негативно сказывается на выполнении режимов полета, где требуется управление

скоростью. Формирование контура воздушного торможения возможно при использовании существующих аэродинамических поверхностей.

В качестве объекта исследования выбран самолет нормальной аэродинамической схемы с дополнительным передним горизонтальным оперением (ПГО).

В качестве тормозных поверхностей можно было бы рассмотреть флапероны, рули направления и ПГО. Но флапероны используются для управления летательным аппаратом, отклонение рулей направления осуществляется механической проводкой, а также рули ограничены по прочности, поэтому целесообразно использовать ПГО, которое, к тому же, имеет наибольшие углы отклонения.

Для обеспечения большего коэффициента лобового сопротивления будем изменять закон отклонения ПГО. Исходный закон отклонения проектировался из расчета обеспечения продольной устойчивости самолета. Поэтому первым вариантом изменения закона отклонения будет эквидистантное смещение закона с первоначальным учетом прочностных ограничений. Вторым изменением было выбрано отклонение ПГО на полный ход независимо от углов атаки.

Для оценки эффективности методов сравниваются приращения коэффициентов лобового сопротивления, момента тангажа и подъемной силы при отклонении ПГО по предложенным законам.

При отклонении ПГО возникает момент на пикирование. Для компенсации возникающего момента требуется создание дополнительного момента на кабрирование. Такая компенсация может быть выполнена отклонением стабилизатора. Совместная работа ПГО и стабилизатора дает следующие максимальные значения лобового сопротивления: 0,03 при первом варианте закона, 0,045 – при втором. Совместная работа ПГО и ГО приводит к потере подъемной силы. Увеличение подъёмной силы может быть осуществлено при дополнительном отклонении флаперонов или дополнительным увеличением угла атаки. Использование флаперонов не обеспечивает полную компенсацию, поскольку при управлении, СДУ реализует синфазное отклонение флаперонов на углы не более 7^{o}, а отклонение на максимальные углы реализуются только во взлетно-посадочной конфигурации. Дополнительное использование флаперонов не представляется возможным также из-за недостаточного быстродействия приводов.

Использование ПГО в качестве органа воздушного торможения обеспечивает приращение $\Delta C_x = 0{,}03 \dots 0{,}045$, что достаточно эффективно. Такой способ торможения может быть рассмотрен для дальнейшей проработки.

Проектирование активной системы снижения аэродинамических нагрузок для ближнемагистрального пассажирского самолёта

Лазутин Е.А., Смагин Д.И., Трофимов А.А., Чубарев И.В.
МАИ

Активные системы снижения нагрузок предназначены для снижения нагрузок на конструкцию самолёта, возникающих вследствие воздействия на неё аэродинамических сил. Принцип работы систем заключается в воздействии на нагрузки конструкции самолёта и его аэроупругие характеристики в полете с использованием штатных или специальных поверхностей управления, отклоняемых по заданным законам и сигналам соответствующих датчиков.

Существуют различные варианты структур активных систем снижения нагрузок. В зависимости от выбранной структуры решаются задачи, связанные со снижением нагрузок на крыло при маневрировании (ССМН), снижением нагрузок и расходования ресурса конструкции от воздействия непрерывной турбулентности (СРР), снижением нагрузок от дискретных порывов ветра, а также задачи, связанные с повышением комфорта экипажа и пассажиров в полёте. Каждый из вариантов систем предъявляет свои требования к быстродействию приводов органов управления и информационному обеспечению. Наибольший выигрыш от использования активных систем управления будет получен при учёте их на этапе проектирования самолёта. Включение той или иной системы на поздних

этапах проектирования самолёта может потребовать определённые доработки его конструкции и систем.

Из перечисленных выше вариантов структур активных систем менее требовательной к быстродействию приводов органов управления и информационному обеспечению является ССМН. При этом такая система довольно эффективна и для ближне-среднемагистральных самолётов позволяет снизить изгибающие моменты в корневом сечении крыла до 8...12%. Для её работы требуется сигнал с датчика нормальной перегрузки n_y, а также сигналы приборной скорости полёта $V_{пр}$ и числа М для настройки передаточных чисел системы по режимам полёта. В качестве исполнительных органов могут использоваться симметрично отклоняемые вверх элероны в сочетании с внешними секциями интерцепторов. С учётом того, что современные магистральные самолёты имеют цифровые системы управления полётом, реализация алгоритмов активных систем не представляет большой сложности.

Для модификации ближнемагистрального самолёта с цифровой ЭДСУ разработана ССМН, использующая в качестве исполнительных органов симметрично отклоняемые вверх элероны. Элероны отклоняются пропорционально превышению $n_y>1,75$, при этом в зависимости от режима полёта и n_y максимальное отклонение элеронов составляет до 85% от полного хода. По результатам расчётов система позволяет снизить изгибающие моменты в корневом сечении крыла на 10% и до 15% в срединных.

Выбор параметров системы управления учебно-тренировочного самолёта по критериям динамического подобия

Маркин Н.Н., Нур Хафизах Алияс
МАИ, каф. 106
aliasnurhafizah@gmail.com

В работе рассматривается выбор параметров системы управления учебно-тренировочного самолета МиГ АТ по критериям динамического подобия. Используется метод пространства состояний с заданным размещение собственных значений матриц коэффициентов линеаризации учебно-тренировочного самолета по расположению собственных значений матрицы коэффициентов линеаризации базового самолета МиГ-29.

В качестве базового самолет для настройки автопилота рассматривается маневренный самолет МиГ-29. Для моделирования полета Миг-29 на самолете МиГ АТ рассматривается выбор параметров его системы управления методом размещения собственных значений. Собственные значения уравнений движения МиГ-29 считаются известными. Если настройку автопилота МиГ АТ выбрать так, что собственные значения его уравнений движения совпадут, то поведение обоих самолетов будут описываться одними и те ми же процессами с точностью до констант – собственных векторов в решении дифференциальных уравнений. В качестве маневра рассматривается пространственное вращение относительно произвольной оси с большими угловыми скоростями крена

С помощью программы PLACE пакета MATLAB вычисляем требуемые коэффициенты усиления для системы управления МиГ АТ. Собственные значения линеаризованных дифференциальных уравнений обоих самолетов совпадают. При моделировании переходных процессов вектор измерений включает угловые скорости тангажа и рысканья, которые измеряются ДУС – датчиками угловых скоростей, и значения нормальной и поперечной перегрузок, которые измеряются датчиками перегрузок. Значения производных перегрузок по аэродинамическим углам атаки и скольжения существенно отличаются и представлены в таблице.

Выполнено исследование переходных процессов при даче органов управления для обоих самолетов в продольном и боковом каналах.

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1. Синтез системы управления учебно-тренировочного самолета МиГ АТ методом пространства состояний позволяет по расположению собственных значений матрицы

линеаризации базового самолета найти коэффициенты усиления системы управления учебно-тренировочного самолета для совпадения собственных значений обоих самолетов;
Совпадение собственных значений обеспечивает подобие процессов во временной области;
Изменение коэффициентов передачи в каналах тангажа и рысканья позволяет изменить производные расходы рулей по перегрузке и обеспечить совпадение перегрузок в переходных процессах в обоих каналах для базового самолета МиГ-29 и МиГ АТ.

Развитие учебно-боевых самолётов

Мельников В.С.
Научный руководитель – преподаватель, к.т.н. Костин П.С.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 72
ssaila@yandex.ru

Поступление в Воздушно-космические силы (ВКС) РФ новых и модернизированных боевых самолетов требует от летного состава новых навыков и знаний для решения основных задач пилотирования (ведения воздушного боя, бомбометания, применения управляемого вооружения и др.). В связи с этим, стало необходимо обучать курсантов, а также переобучать летчиков пилотированию самолетами нового поколения. Обучение должно осуществляться с максимальным качеством, в том числе, и с точки зрения экономических затрат.

В связи со значительно расширенным диапазоном высот и скоростей полета современных самолетов и числом возлагаемых на них задач, по сравнению с самолетами предыдущих поколений, современный учебно-боевой самолет должен иметь:

– высокие взлетно-посадочные характеристики, обеспечивающие плавный переход курсантов от базовой к специальной подготовке;

– высокую энерговооруженность и высокую маневренность в широком диапазоне режимов полета;

– управляемость, схожую с современными самолетами, включая, большие углы атаки;

– двухдвигательную силовую установку, обеспечивающую повышенную безопасность и эффективное обучение;

– большой радиус действия и время полета.

– эффективное информационно-управляющее поле кабины и дружественный интерфейс «человек-машина» и др.

Экономическая эффективность учебно-боевого самолета, как одно из основных требований, заключается в большом ресурсе планера, силовой установки, бортового оборудования и высокой надежности компонентов; высоких показателях контроле- и ремонтопригодности за счет рациональных решений в конструкции планера, систем и оборудования.

В целях удовлетворения предъявляемых требований к учебно-боевому самолету в нашей стране был разработан самолет Як-130, у которого электродистанционная комплексная система управления (КСУ) обеспечивает высокие характеристики устойчивости и управляемости в широком диапазоне высот и скоростей полета. Применение КСУ предполагает, что самолет должен быть способен имитировать поведения боевых самолетов, которые на сегодняшний день стоят на вооружении ВКС РФ, как маневренных истребителей и штурмовиков, так и тяжелых бомбардировщиков. Таким образом, широкие возможности самолета перед массовой эксплуатацией должны быть тщательно изучены, что, в целях экономии материальных и временных затрат, приводит к разработке новых и усовершенствованию известных методов испытаний самолетов. Одним из способов изучения характеристик самолета является разработка программно-моделирующих комплексов, позволяющих оперативно получить необходимую информацию о самолете.

Развитие и исследование учебно-боевых самолетов актуально на сегодняшний день в силу того, что авиационная техника совершенствуется, разрабатываются самолеты

пятого и шестого поколений, совершенствуется их авионика, благодаря быстрому развитию цифровой вычислительной техники. Следовательно, самолет, позволяющий получить необходимые знания и умения для пилотирования современных самолетов, необходим.

Влияние нелинейных элементов на динамику САУ нормальной перегрузкой гипотетического самолёта

Мехда Юсеф
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Березуев А.В.
МАИ, каф. 301
youcefcomm@gmail.com

Большинство систем управления являются нелинейными и описываются нелинейными уравнениями. Линейные системы управления являются их линейными моделями, полученные обычной линеаризацией. Такая линеаризация заключается в разложении нелинейных функций в ряд Тейлора и отбрасывании нелинейных слагаемых. Однако такое разложение нелинейных функций не всегда возможно. Если нелинейность допускает обычную линеаризацию, то такая нелинейность называется несущественной. В обратном случае нелинейность называется существенной. Эта существенная нелинейность имеется у всякого рода релейных элементов. Часто на заключительной стадии исследования, даже когда возможна обычная линеаризация, исходная нелинейная модель может потребовать рассмотрение.

Нелинейности статических характеристик элементов САУ (датчиков, исполнительного привода, вычислительных устройств) влияют на качество и устойчивость процессов управления, а при определенных условиях порождают особые движения - автоколебания. В данной работе выполнен анализ влияния нелинейностей статических характеристик элементов САУ на примере астатической системы стабилизации заданной нормальной перегрузки с интегральным законом управления.

В данной работе проведен анализ метода гармонической линеаризации, позволяющий шаг за шагом выявить в нелинейной системе источники возникновения автоколебаний и определить параметры этих колебаний. Также данный метод позволяет подтвердить возможность возникновения автоколебаний методом математического моделирования.

Метод гармонической линеаризации, или метод гармонического баланса, первоначально был разработан для исследования периодического режима. Однако в дальнейшем он стал использоваться также для анализа устойчивости и синтеза нелинейных систем.

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Нелинейность статической характеристики датчика угловой скорости (ДУС) является причиной возникновения автоколебаний, при этом амплитуда автоколебаний угловой скорости тангажа соизмерима с зоной нечувствительности ДУС.

Нелинейность статической характеристики скорости привода приводит к возникновению автоколебаний. При этом возможны два режима автоколебаний с «мягким» и «жестким» возбуждением.

Автоколебания с «мягким» режимом возбуждения не представляют опасности для полета самолета ввиду малых амплитуд параметров движения самолета.

В целях безопасности необходимо избегать глубокого насыщения скоростной характеристики привода, что может приводить к «жесткому» режиму возбуждения автоколебаний, опасных для управления полетом самолета.

Ограничение угла отклонения руля высоты, ограничение диапазона выходных сигналов интегратора, а также нелинейность статической характеристики датчика линейных ускорений не приводят к возникновению автоколебаний в рассматриваемой системе.

Эшелонирование и управление высотой полета дальнемагистрального самолета

Нуранишья Бинти Самат
Научный руководитель – доцент Маркин Н.Н.
МАИ, каф. 106
nuranishya@gmail.com

Исследуется эшелонирование и управление высотой и приборной скоростью дальнемагистрального широкофюзеляжного пассажирского самолет В-747. Ставится задача выбора эшелонов по минимальному километровому расходу топлива и синтез системы управления приборной скоростью и высотой полета. Для обеспечения максимальной пропускной способности трассы высоты полета разделяются на эшелоны с шагом дискретности 1000 футов.

Произведены расчеты километровых расходов топлива для значений массы в начале, в середине и в конце крейсерского участка при максимальной массе целевой нагрузки 45 тонн. В результате численного интегрирования определена дальность крейсерского участка 7500 км при массе целевой нагрузки 45 тонн и полной заправки самолета топливом. Это на 200 км больше дальности полета, вычисленной по аналитической формуле при расчете диаграммы транспортных возможностей.

На основе минимизации километрового расхода топлива определена зависимость высоты крейсерского полета от массы самолета. При выборе программы изменения высоты полета по мере расхода топлива используются разрешенные эшелоны полета в прямом и обратном направлениях. Более выгодный по километровому расходу топлива эшелон полета может быть выбран с разрешения диспетчера управления воздушным движением. Выполнены расчеты при эшелонировании с шагом 1000 и 2000 футов.

Для реализации полета по эшелонам решена задача синтеза системы управления продольным движением. Для решения задачи используется выбор изодромной обратной связи в контуре управления индикаторной скоростью. В этом случае получаем астатическую систему с нулевой ошибкой слежения за требуемым значением приборной скорости. Астатизм контура управления индикаторной скоростью позволяет выбрать в цепи обратной связи управления высотой гибкую обратную связь, которая позволит создать минимально фазовую систему управления высотой с желаемой передаточной функцией апериодического звена.

На основе методов линейного синтеза определены параметры системы управления по заданным запасам устойчивости. Для демпфера тангажа и автомата устойчивости по тангажу определена настройка коэффициентов усиления по скоростному напору.

По результатам выполненной работы сделаны следующие выводы:

1. Система управления и стабилизации индикаторной скорости и высоты является астатической системой с астатизмом 2 порядка. Статические ошибки стабилизации индикаторной скорости и высоты равны нулю.
2. Запасы устойчивости по амплитуде составляют не менее 7 дБ и по фазе не менее 42 градусов.
3. Время регулирования по угловой скорости тангажа составляет 4.5 секунды, по углу тангажа 12 с, по индикаторной скорости 45 секунд.
4. Время регулирования по высоте полета составляет 260 секунд при снижении на 1 км, 330 секунд при наборе высоты на 1 км, 750 секунд при снижении на высоту от 7 до 9 км. посадке.

Термопары как измерители скорости летательного аппарата

Петров А.А., Рыбушкин Н.А., Самигуллин Т.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н., Афанасьев А.Ю.
КНИТУ-КАИ, каф. Электрооборудования
petrovalekse95@mail.ru

В авиации, как и в любой технической установки необходимо знать скорости, ускорения, движущихся частей изделия или всего аппарата в целом. В ряде случаев

сделать это не так просто, так как это связанно с множеством проблем связанных с точностью показаний и погрешностей. Рассмотрим новый способ измерения скорости полета летательного аппарата, а точнее его воздушной скорости, то есть скорости относительно ветра.

В настоящее время скорость летательного аппарата определяется с помощью указателя скорости, принцип действия которого основан на измерении динамического давления встречного воздуха.

Идея основана на использовании термопар, а именно на свойствах материалов наводить термоэлектродвижущую силу при различных температурах двух материалов [1]. Так же в основу принципа заложено охлаждающее свойство ветра, которое увеличивается с ростом скорости [2]. В настоящее время термопары используются в авиации для измерения температур жидких и газообразных сред: масел, охлаждающих жидкостей, воздуха и газов.

Общий принцип определения скорости с использование термопар: зная фиксированную величину температуры, какой-либо жидкости, будем иметь термоэлектродвижущую силу, которая будет иметь постоянное значение, но при изменении разносной температуры пары, значения силы увеличится. Значения разностной температуры будет изменяться в зависимости от скорости ветра попадающего на элемент пары. Если разность температур изменится в большую сторону, то это будет свидетельствовать об увеличении скорости, в противном случае скорость будет уменьшаться. Термоэлектродвижущая сила, наводимая термоэлементами, подается на специальные преобразующие устройства, которые в конечном итоге покажут значения воздушной скорости.

Технологически это можно реализовать следующим образом: разместить систему термопар вблизи термоэлемента, предназначенного для измерения температуры жидкости или газа, что позволит с большой точностью знать температуру одного из элемента. Воздух будет подводиться из отверстия расположенного на носу летательного аппарата, что приведет к изменению температуры другого элемента термопары.

Преимущества метода в том, что скорость полета измеряется не механическим изделием, а электрическим, что делает его более точным. Так же масса системы термопары значительно меньше скорости указателя, что играет важную роль, так как снижение массы летательного аппарат имеет важное значение в самолётостроении.

Проектирование системы управления для беспилотного планирующего крылатого летательного аппарата крестообразной схемы

Полищук М.В., Полищук М.А.
МАИ, каф.106
a.mv31@mail.ru

В работе рассмотрены вопросы баллистики, динамики и управления для беспилотного планирующего крылатого летательного аппарата (БПК ЛА) крестообразной схемы, не оснащенного силовой установкой.

В настоящей работе проведено исследование влияния относительного удлинения крыла на летно-технические характеристики объекта управления. Результаты исследования показывают, что максимальная дальность при баллистическом полете достигается при относительном удлинении крыла, равном 3.5 и составляет 128% относительно базового варианта БПК ЛА. Однако максимальная дальность при управляемом полете достигается при относительном удлинении крыла, равном 4, и составляет 125% относительно базового варианта БПК ЛА.

Предложена структура системы управления БПК ЛА, которая условно может быть разделена на две подсистемы: систему стабилизации и систему наведения.

Структура системы стабилизации углового положения и перегрузок БПК ЛА является единой и представляет собой пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (ПИД-регулятор). Коэффициенты усиления для ПИД-регуляторов подобраны

для всех возможных высотно-скоростных режимов полета БПК ЛА и являются адаптивными под текущие условия.

Система наведения также условно может быть разделена на две подсистемы: подсистема, отвечающая за планирование БПК ЛА на максимальную дальность, и подсистема, отвечающая за непосредственное наведение на конечную точку траектории. Для планирования на максимальную дальность предложен алгоритм выбора угла наклона траектории при учете априорной информации об аэродинамических характеристиках объекта управления. На основе априорных данных о максимальном аэродинамическом качестве объекта управления происходит выбор наивыгоднейшего угла наклона траектории для планирования БПК ЛА на максимальную дальность.

Наведение на конечную точку траектории осуществляется пропорционально текущему значению угла наклона линии визирования цели. Предложенный метод наведения позволяет достаточно точно навести БПК ЛА на конечную точку траектории, минимизировав конечный промах, а также обеспечить подход к ней с углом наклона траектории не ниже заданного. Такая организация наведения объекта управления рассматриваемого класса позволяет существенно увеличить эффективность его применения.

Предложенная система управления позволяет существенно увеличить дальности полета БПК ЛА рассматриваемого класса, тем самым расширив зоны возможных его применений, а также минимизировать конечный промах.

Испытания систем самонаведения (ракет и самолётов)

Саватеев С.И.
Научный руководитель – доцент Маркин Н.Н.
МАИ, каф. 106
belwest11@gmail.com

Система самонаведения-сумма работы множества устройств, предназначенная для автономного наведения снарядов на цели с минимальным отклонением от нее без участия экипажа или внешних средств управления.

Системы самонаведения делятся на: Инерциальные, астронавигационные, спутниковые, радиолокационные, оптические, лазерные, акустические, магнитные, электростатические. И всем этим системам самонаведения необходимы испытания на прочность и работоспособность перед установкой на носитель.

Испытания проводится по Техническим Условиям «ТУ» оговоренные с заказчиком и «Отделом технического контроля»(ОТК), они имеют различные типы и направленность, например «Термические с проведением термоударов» производятся с повышением температуры с рабочего режима, до практически предельного режима температуры с выдержкой в предельном режимы температуры некоторое время и затем переброс (термоудар) в предельно низкий режим температуры, для проверки на запотевания защитного стекла, «Широкополосной случайной вибрации» (ШСВ), проверка кабелей, соединительных швов, внутренних механизмов изделия на прочность и сопротивляемость происходит на (Вибростендах) ,Герметизация проверка на герметичность путем затопления изделия, Пилотажные стенды происходит проверка с режимами полетного задания и проверкой конечного отклонения от цели.

Только после прохождения всего комплекса испытаний «Система самонаведения» может считаться рабочей в рамках «Опытно конструкторской работы» (ОКР) и в дальнейшем постановки «Систем самонаведения» на серийное производство.

Проблемы испытания разных «Систем самонаведения» заключается в оптимизации различных комплексов испытаний, оборудования, программы ТУ под разные системы.

Задача испытаний «Систем самонаведения» заключается в качественной и своевременной проверке в рамках ОКР и постановлением его серийное производство. При серийном производстве так же испытывается каждое изделия по пунктам ТУ оговоренными с заказчиком и ОТК .

В данной работе будут рассмотрены задачи и проблемы проведения испытаний разных «Систем самонаведения» и постановки систем на серийное производство.

Постановка задачи разработки программного комплекса оценки зон покрытия сотовыми операторами заданных территорий и симуляции движения БЛА с учётом ограничений на зоны полёта

Теплов Г.И.
Научный руководитель – директор ВИ МАИ, д.т.н. Гончаренко В.И.
МАИ, ВИ
gtep@bk.ru

В настоящее время сотовая связь в нашей стране развита очень хорошо, к ней имеет доступ почти все население России. Помимо личных звонков, с помощью мобильной связи осуществляется территориальное позиционирование, доступ в Интернет, вызов экстренных служб и другие задачи. Однако в то же время остается достаточное количество зон, где отсутствует покрытие сотовой сети. В таких местах нет возможности связаться с экстренными службами, что может привести к жертвам, особенно если поблизости нет населенных пунктов – например, в крупных национальных парках и заповедниках, где достаточно опасностей для туристов. Выявление таких зон с использованием существующих средств контроля мобильной связи существенно затруднено, чрезмерно дорогостояще или даже невозможно. Создание автоматического, особенно авиационного комплекса, способного быстро, качественно и дешево выявлять зоны отсутствия связи может значительно упростить задачу и сделать отдых и проживание граждан более безопасными.

При выполнении данной работы были изучены принципы работы сотовых сетей, используемые ими программные и аппаратные модели, физические и математические закономерности. Были выявлены и оценены такие факторы, как допущения построения задачи, основные ограничения для использования БПЛА. К выявленным допущениям можно отнести присутствие только одного сигнала с одной вышки, отсутствие влияния рельефа местности и строений на ранних этапах разработки. К ограничениям использования БПЛА относятся ограничения на зоны полета (запретные зоны, опасные зоны, зоны ограниченных полетов).

Был разработан пример визуализации результата выполнения тестового задания аппаратным комплексом на базе беспилотного летательного аппарата. На тестовой карте местности были условно установлены вышки связи различных операторов с разной зоной покрытия. Тестовый маршрут для БПЛА был положен таким образом, чтобы максимально разносторонне охватить местность. По результату выполнения задания представлен график, иллюстрирующий пример работы разрабатываемого аппаратного и программного комплекса.

Кроме того, были дополнительно определены вертикальные коридоры, доступные для БПЛА на примере городской местности с учетом различных типов препятствий.

Разработка алгоритма адаптивной стабилизации движения сломанного самолёта при снижении по глиссаде

Храмов К.Ю
Научный руководитель – доцент, к.т.н Нгуен Ныы Ман
МАИ, каф. 303
konstantin_hramo@mail.ru

Посадка самолета является одним из наиболее напряженных этапов полета, при котором даже очень маленькая ошибка в задаче пилотирования недопустима и может приводить к катастрофе. Наиболее опасной причиной, приводящей к потере управления самолетом и, следовательно, необеспечению безопасности посадки является потеря, частично или полностью, поверхности органов управления, таких как стабилизатор, руль высоты, руль направления, или поверхности крыла. В результате исследования авиационных происшествий получено, что многочисленные авиакатастрофы были обусловлены непосредственно такими потерями [1]. Исследование возможности "спасения" сломанных самолетов при посадке достаточно интенсивно изучается во всем

мире. К примеру, в исследовательском центре имени Лэнгли (Langley Research Center, NASA) создана модель транспортного самолета с различными вариантами потери аэродинамических и управляющих поверхности для изучения аэродинамики поврежденного самолета (продувкой в трубке) и разработаны различные алгоритмы обеспечения и улучшения его управляемости и устойчивости [1,2,3].

В данной работе рассмотрен вопрос стабилизации движения поврежденного самолета (в виде потери части поверхности руля высоты) при посадке. Моделировано пространственное движение тяжелого гражданского самолета в режиме снижении по глиссаде от высоты 500м с разными вариантами потери руля высоты. Потеря части руля высоты сопровождается непредсказуемым изменением аэродинамики самолета, что ухудшает качество работы системы автопилота посадки, алгоритмы которой построены на основе априорных данных о аэродинамических характеристиках самолета. Вследствие этого самолет будет отклоняться от глиссады. В результате использования алгоритма адаптивного управления его угловым движением с регулятором, параметры которого настраиваются с изменением аэродинамики и динамики самолета на 10 секунде движения по глиссаде при потере поверхности руля высоты на основе решения задачи параметрической идентификации передаточной функции канала угловой скорости по тангажу. Удалось стабилизировать угол наклона траектории и траектории самолета по линии глиссады.

Моделирование полёта маневренного самолёта с возможностью определения траекторий близких к оптимальным

Шайко П.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Головнев А.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 74
shaiko1991@Gmail.com

Авиация в современном мире выполняет различного рода задачи по пассажирским перевозкам, перевозке грузов и доставке почты, находит свое применение в сельскохозяйственных работах, спортивных соревнованиях, военном деле и т.д. Во всех сферах применения авиации возникают задачи определения таких траекторий полета и управлений (потребных для их реализации), которые обеспечивают минимальные значения различных критериев качества. В качестве таких критериев могут выступать различные показатели: время полета по заданному маршруту, расход топлива, требуемый для выполнения полетного задания и т.д. В данном докладе раскрываются некоторые подходы, используемые для определения оптимальных (по заданным критериям) траекторий полета.

Рассмотрен подход к определению оптимальных траекторий с использованием прямого вариационного метода. Движение летательного аппарата в созданной математической модели описывается системой уравнений для самолета как материальной точки. При этом введен ряд допущений: о неизменности массы самолета (в связи с небольшим временем моделируемого полета), об отсутствии скольжения при выполнении полета.

Для решения системы описывающей движение центра масс летательного самолета в соответствии с положениями прямого вариационного метода необходимо задать координаты самолета и их производные в каждый момент времени. В докладе представлены возможные виды задания фазовых координат. В качестве примера представлена реализация прямого вариационного метода с заданием траектории в виде полинома пятой степени, аргументом которого является время. Коэффициенты полинома определяются исходя из начальных и конечных условий по координатам, их первым и вторым производным.

Разработанный алгоритм позволяет учитывать ограничения на фазовые координаты (высоту и скорость полета) и управляющие функции (тангенциальную и нормальную перегрузки). Учет ограничений осуществляется сведением условной задачи оптимизации

к безусловной путем введения штрафных функций при нарушении ограничений на сами величины и темп их изменения.

Рассмотрен прямолинейный полет самолета, который по своим летно-техническим характеристикам сходен с самолетом Як-130. При этом необходимо было определить минимальное время прямолинейного полета на высоте 1000 и расстоянии 10000 метров и необходимые для его реализации управления при конкретной скорости в начале и конце траектории.

В докладе представлены результаты математического моделирования вышеописанной задачи. Они показывают, что в задаче, сформулированной как задача о "быстрейшем догоне" с определенными граничными условиями необходимо не прямолинейное движение летательного аппарата, а выполнение так называемой "волны вниз" для получения минимальных значений времени. Этот результат не противоречит положениям теории и соответствует решенной еще в конце XVII века Бернулли задаче о брахистохроне (вопрос о линии быстрейшего ската тяжелого шарика).

Секция «Математическое моделирование»

О расширении некоторых понятий теории графов на гиперграфы

Агамиров А.А.
Научный руководитель – доцент Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
flame_body@mail.ru

Теория графов появилась ещё в 18 веке, и является разделом дискретной математики, который изучает свойства графов. В общем смысле, граф - множество вершин, соединённых рёбрами/дугами. В свою очередь, теория гиперграфов является обобщением теории графов, где каждым ребром могут соединяться не только две вершины, но и любые подмножества вершин. С математической точки зрения, гиперграф представляет собой множество объектов, состоящее из непустого подмножества элементов некоторой природы, называемых вершинами гиперграфа, и группы непустых подмножеств множества вершин, называемых рёбрами гиперграфа (гиперрёбрами). Несмотря на то, что теория гиперграфов, первоначально разработанная Клодом Берге в 1960 году, является «генерализацией» теории графов, сами графы в некотором роде являются частным случаем гиперграфов. Рёбра графов являются множеством из двух вершин, в то время как гиперребро – это множество любого количества объектов, и часто содержат в себе подмножества. Смысл состоит в том, что мы рассматриваем данные множества обобщённых рёбер как единое гиперребро, а затем декларируем группу гиперрёбер гиперграфом.

Множество общеизвестных терминов теории графов переопределены в теории гиперграфов. Для гиперграфов не существует таких понятий как «ориентированность», «петля» или, в некоторых случаях, «изоморфность». Однако большинство терминов вполне применимы, хоть некоторые и требуют переопределения. К примеру, как и в теории графов, если между каждой парой гиперрёбер существует некий путь, то такой гиперграф называется связным. В теории графов цепь, в которой первая и последняя вершины некоторого пути совпадают, называется циклом. Почти так же и в теории гиперграфов - цепь, которая начинается и оканчивается одним и тем же гиперребром, то есть начальная и конечная вершины принадлежат одному гиперребру, так же называется циклом. Так же в теории гиперграфов совершенно иначе устроена ацикличность: она делится на α- и β-ацикличность, и означает гиперграф, содержащий тривиальные блоки (вершинно-порожденные гиперрёбра) и гиперграф, подгиперграфы которого α-ациклични соответственно. В теории гиперграфов существуют и такие понятия как дуги, вес ребра (гиперребра) и прочие понятия и термины, присущие теории графов.

Графы являются очень мощным средством описания многих проблем и структур в компьютерных науках, а также в физике и математике. Но графы описывают только

отдельные бинарные отношения и не всегда достаточны для моделирования некоторых сложных задач или данных. Для такого моделирования активно эксплуатируется теория гиперграфов. Гиперграфы подобно математическим структурам могут быть использованы для множества концепций, в которых сложные отношения между объектами в системе играют доминирующую роль. Теория гиперграфов находит применение в разнообразных науках. В комбинаторике она особенно подходит для вычислительных приложений и облегчает взаимоподключение существующих моделей системы. В статистической физике теория гиперграфов применима к системам множества тел, когда для изучения взаимодействия некоторых тел следует учитывать множество частиц. В химии гиперграфами удобно описывать многие молекулярные структуры. Также, теория гиперграфов может быть использована для моделирования мобильных коммуникационных систем, для геолокации и прочих других систем.

Алгоритм определения структуры нормальной формы негамильтоновых систем

Антипов А.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Медведев С.В.
МАИ, каф.802
antipant@mail.ru

При исследовании устойчивости возмущенного движения в критических случаях автономных нелинейных систем обыкновенных дифференциальных уравнений, которые встречаются во многих задачах механики и физики, одним из основных этапов является приведение уравнений возмущенного движения к нормальной форме, получение условий устойчивости или неустойчивости по членам высших порядков в символьном виде.

Знание структуры членов нормальной формы позволяет с помощью систем компьютерной алгебры находить условия неустойчивости по Ляпунову или устойчивости в конечном приближении с использованием теорем Ляпунова, Четаева и других современных теорем теории устойчивости.

Структура членов нормальной формы подробно изучалась в работах Каменкова Г.В., Брюно А.Д., Веретенникова В.Г., Куницына А.Л., Маркеева А.П., Сокольского А.Г., Старжинского В.М., Медведева С.В. и других авторов.

В данном докладе описывается алгоритм получения в символьном виде членов нормальной формы автономных негамильтоновых систем уравнений возмущенного движения в критическом случае q пар чисто мнимых и r нулевых корней ($(q \geq 1, r \geq 0)$), которым соответствуют простые элементарные делители, как при отсутствии, так и при наличии внутренних резонансов[1-2].

В качестве теста работы программы ***NORMSTRUCT*** по вычислению структуры нормальной формы были использованы результаты по исследованию устойчивости в критических случаях, рассмотренных в работах Веретенникова В.Г., Куницына А.Л., Медведева С.В. .

Были построены нормальные формы вплоть до членов 6-го порядка в случаях: q пар чисто мнимых корней при отсутствии резонанса, q пар чисто мнимых корней при внутреннем резонансе второго, третьего, и четвертого порядков, q пар чисто мнимых корней и одного нулевого корня.

Также были рассмотрены критические случаи q пар чисто мнимых корней при наличии взаимодействия как по одной, так и по нескольким частотам.

Разработана программа автоматизированного нахождения условий неустойчивости нулевого решения систем уравнений возмущенного движения с использованием отмеченной выше программы ***NORMSTRUCT.*** В качестве теста рассмотрены условия неустойчивости по первым нелинейным членам второго порядка в случае трех пар чисто мнимых корней и одного внутреннего резонанса, а также одного нулевого и n пар чисто мнимых корней при отсутствии внутренних резонансов.

Пакет программ, реализующий алгоритм получения структуры нормальной формы ***NORMSTRUCT*** и автоматизированного вывода условий неустойчивости, написан на языке системы компьютерной алгебры MAPLE 18.

Разработка методологии экологического мониторинга снежного покрова с использованием методов нейросетевого моделирования

Антонов Д.О., Чубуков А.И.
Научный руководитель – ассистент, к.т.н. Мухаметшина Е.С.
КНИТУ-КАИ, каф. МСиПБ
Chubukov.alexey@gmail.com

Поскольку исследование содержания токсикантов в снежном покрове является предметом специальных мониторинговых исследований, которые организованы в ограниченном числе населенных пунктов, нами ставилась задача получения мониторинговой информации по доступным исходным данным.

Проектирование нейронной сети для расчета содержания металлов в снежном покрове в зависимости от стандартных показателей, характеризующих поступление пыли и снега. Целью является создание нейронной сети для прогнозирования содержания металлов в пыли снежного покрова в зависимости от показателей снежного покрова и содержания пыли в нем. Исходные данные: поступление снега (кг/м^2)

1. Поступление пыли (мг/м^2).
2. Содержание в снеге (мг/кг): меди, цинка, никеля, хрома, свинца, железа, марганца.

Обучение и проверка адекватности построенной нейронной сети проводились на экспериментальных данных измеренных значений содержания металлов в снежном покрове с имеющимися апостериорными данными измерений.

Проектирование единой нейросети для расчета всех выходных показателей.

В качестве входов нейронной сети приняты следующие переменные:

1. Поступление снега (кг,м^2)

Поступление пыли (мг/м^2)

В качестве выходов нейронной сети приняты: содержание в снеге меди (мг/кг); содержание в снеге цинка (мг/кг); содержание в снеге никеля (мг/кг); содержание в снеге хрома (мг/кг); содержание в снеге свинца (мг/кг); содержание в снеге железа (мг/кг); содержание в снеге марганца (мг/кг). Для обработки пропущенных данных применен алгоритм «замена средним».

Архитектура сети формировалась согласно алгоритму редукции с применением модифицированного метода штрафных функций.

Основные параметры полученных результатов:

1. Минимальное значение ошибки – от 0 (0%) для свинца до 2,1 (0,0203%) для меди.
2. Среднее значение ошибки – от 358 (2,99%) для свинца до 558, 63 (5,36%) для никеля.
3. Максимальное значение ошибки – от 4153 (34,74%) для свинца до 18624 (93,59%) для цинка.
4. Корреляция между экспериментальными и рассчитанными данными – от 0,35 для меди до 0,81 для свинца.

Вывод: спроектированная нейронная сеть может с высокой степенью эффективности применяться для определения содержания металлов в снежном покрове.

Структура базы данных псевдоаносовских гомеоморфизмов

Басараб А.И., Денисов М.В., Луговов Н.С.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Жиров А.Ю.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
missshhhaaaa2552@yandex.ru

Цель проекта авторов – разработка комплекса программ для создания базы данных динамических систем с дискретным временем, задаваемых псевдоаносовскими гомеоморфизмами поверхностей. В [1] разработан метод, позволяющий хранить

информацию о таком гомеоморфизме в виде конечного набора данных, называемого кодом.

В разрабатываемом программном комплексе авторы реализуют хранение и вычисление кодов псевдоаносовских гомеоморфизмов по адресации в следующем порядке:

1. Род поверхности g — целое неотрицательное число такое, что поверхность гомеоморфна сфере с количеством ручек, равных g;

2. Значение b_1 — количество особых точек валентности 1 инвариантного слоения поверхности;

3. Сингулярный тип гомеоморфизма — конечная последовательность целых неотрицательных чисел $\{b_1, b_2, \dots, b_D\}$, связанных с родом поверхности соотношением $\sum_{d>2}(d-2)b_d = b_1 + 4g - 4$, называемым формулой Эйлера-Пуанкаре.

4. Конфигурация ленточного разбиения (σ, t), где σ — подстановка на множестве $\overline{1, 2n}$, t – натуральное число.

5. Код обобщенного псевдоаносовского гомеоморфизма f относительно ленточного разбиения $\mathcal{P} = \{\Pi_1, \dots, \Pi_n\}$ представляет собой набор данных $\langle \sigma, \boldsymbol{t};\ \varepsilon^u, \boldsymbol{g}, l \rangle$, где

- $\boldsymbol{\varepsilon}^u$ — знак «+» или «−», отвечающий за сохранение/изменение ориентации поверхности псевдоаносовским гомеоморфизмом;
- g — целочисленный n-мерный вектор пересечений;
- l — целое положительное число.

В приведенном методе естественным образом возникает проблема хранения последовательностей чисел, длина которых заранее неизвестна. Это, в частности, относится к сингулярному типу. Эффективным методом авторы видят хранение любой такой последовательности в виде пары взаимно простых целых чисел, полученной следующим образом: к каждому элементу последовательности добавляется единица (во избежание нулевых элементов), последовательность чисел записывается в виде конечной цепной дроби, значение которой есть рациональное число — то есть пара целых числителя и знаменателя.

Обратно из рационального числа получить цепную дробь, а значит и исходную последовательность, возможно применяя алгоритм Евклида. Легко убедиться, что преобразования эти взаимно-однозначны, а потому могут использоваться.

Гашение колебаний продольно движущейся упругой пластины и неупругой мембраны

Батурина В.С., Толкачев И.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Петров В.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
ilyatolkachev95@gmail.com

Множество важных проблем механики движения материалов, включая проблемы стабилизации, касающиеся отклонений и вибрации, а так же проблемы подавления вибраций с помощью активной системы привода сводятся к задачам оптимизации с различного рода ограничениями.

В данной работе рассматривается задача о подавлении возникающих при больших скоростях поперечных колебаний полотна с помощью системы приводов. Проблема актуальна для многих промышленных процессов, для которых необходимо повысить качество производимой продукции. На сегодняшний день, большинство промышленных производств по прокатке различных материалов не используют системы активного подавления колебаний и вибраций. Решение такой задачи позволит увеличить скорость проката материалов и повысить качество продукции. Частным случаем задачи является процесс производства листового металла и бумажного полотна.

Данная задача сводится к задаче оптимального управления процесса, описываемого гиперболическим уравнением в частных производных, при этом, уравнение для моделирования процесса производства бумаги имеет второй порядок старших

производных, а для производства листового металла – четвертый, так как в этом случае учитывается упругость материала.

Для решения таких задач был установлен, с помощью сингулярного варьирования, принцип максимума Л.С. Понтрягина, как для бумажного, так и для металлического полотна.

Этот принцип был использован при численном решении обеих задач. Для численного моделирования использовались неявные разностные схемы второго порядка с применением метода матричной прогонки.

В результате будут созданы программы для поиска оптимального управления для каждой из задач. Программы представляют собой пользовательские приложения, написанные на языке программирования C# с использованием технологии WPF (Windows Presentation Foundation). Интерфейс программы предоставляет возможность задавать параметры задачи, такие как: скорость распространения волны, скорость движения полотна, масса на единицу длинны полотна, а также начальные условия. В результате работы программ, будет представлена визуализация оптимального управления в виде графика с возможностью просмотра результатов в дискретный момент времени.

Моделирование динамики отделения грузов от боевого самолёта-носителя

Бочкалов А.И., Буренко Т.Б.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Нестеров В.А.
МАИ, каф. 701
timofei.burenko@m-industries.ru

Применение современных фронтовых самолётов в боевых ситуациях предполагает отделение большой номенклатуры грузов различного назначения и конфигурации. Для обеспечения безопасности полёта при выполнении широкого спектра задач необходимо исследование динамики полёта данных грузов после сброса. Частным случаем является отделение объектов верхнюю полусферу самолёта-носителя (СН), а именно:

– использование ложных тепловых целей (ЛТЦ) для противодействия управляемым средствам поражения с инфракрасным наведением,

– применение средств аварийного покидания неисправного/поврежденного ЛА экипажем, включающего сброс откидной части фонаря (ОЧФ) и катапультных кресел экипажа (одна /две в зависимости от типа ЛА).

Для моделирования динамики отделения ЛТЦ необходимо:

– создать трехмерную модель геометрии СН с установкой выброса помех и отклоняемыми органами управления,

– исследовать характер течения потока в области верхней полусферы на различных режимах полёта,

– используя системы газодинамического анализа, выполнить расчёт аэродинамических коэффициентов ЛТЦ с учётом их температурного воздействия на поток.

Составление динамической модели процесса аварийного покидания требует:

– разработки трехмерных моделей внешних обводов ЛА, катапультных установок, мест их стыковки с учётом массово-инерционных характеристик,

– расчета аэродинамических коэффициентов изолированной от ЛА ОЧФ, необходимых для описания этапа свободного движения ОЧФ при отделении,

– получения аэродинамических коэффициентов ОЧФ с учётом интерференции ЛА для описания этапа связанного движения,

– внедрения в модель параметров пиросистемы принудительного отделения ОЧФ,

– включения в модель параметров энергодатчиков катапультных кресел,

– внесения алгоритма работы процесса аварийного покидания СН.

По результатам отработки динамической модели появится возможность выделить опасные режимы полета ЛА, характеризующиеся угрозой столкновения отделяемых грузов с элементами конструкции ЛА, что в ситуации аварийного покидания может

привести к гибели экипажа, а в случае выпуска ЛТЦ вызвать повреждения элементов ЛА вследствие термического воздействия или искажение оптимального пятна засвета для головки самонаведения атакующей ракеты.

Помимо этого, динамическая модель даст возможность оптимизировать процесс аварийного покидания по времени, учитывая все требования к безопасности экипажа.

Алгоритм построения аппроксимации ядра вероятностной меры для решения задач квантильной оптимизации

Васильева С.Н.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Кан Ю.С.
МАИ, каф. 804
sofia_mai@mail.ru

В задачах квантильной оптимизации нередко встает вопрос о нахождении квантили заданного уровня для функции потерь, зависящей от вектора случайных параметров и от вектора стратегии.

Квантиль функции потерь может быть оценена сверху как максимум этой функции по реализациям случайного вектора, принадлежащим α-доверительному множеству. Подбирая последнее эту оценку можно сколь угодно точно улучшать. Данная задача является сложной потому, что содержит операцию подбора «хорошего» доверительного множества. Известно, что оптимизация по всем доверительным множествам может быть сведена к задаче нахождения экстремума функции на ядре вероятностной меры. Ядром вероятностной меры является пересечение всех замкнутых α-доверительных полупространств. Для распределения Коши, нормального и равномерного распределений ядро может быть построено аналитически. В случаях, когда такое построение невозможно, будем использовать внешнюю аппроксимацию ядра многогранником с заданным числом вершин. То есть пересечение всех α-доверительных полупространств будем заменять более широким множеством – пересечением конечного числа полупространств.

В работе предложен метод построения конечного семейства таких полупространств. Метод реализуется следующим образом: на поверхность единичного n-мерного куба накладывается равномерная сетка, причем количество точек разбиения на каждом ребре задано. Затем полученная сетка проецируется на вписанную в куб единичную n-мерную сферу. Каждая точка на сфере задает внешнюю нормаль к искомому полупространству. В направлениях, заданных точками на сфере, определяются квантили заданного уровня для скалярных произведений нормалей на рассматриваемый случайный вектор. В общем случае для нахождения этих квантилей используется метод, основанный на выборочных оценках. Эти квантили определяют правые части ограничений, которые задают α-доверительные полупространства. Левые части представляют из себя скалярные произведения указанных выше нормалей на вектор координат в рассматриваемом n-мерном пространстве. Полученная таким образом система линейных неравенств определяет многогранник, аппроксимирующий ядро вероятностной меры.

Для повышения точности аппроксимации точки на ребрах куба сгущаются следующим образом. К старым точкам добавлялись новые путем деления всех элементарных отрезков разбиения ребер пополам. Такой подход позволяет использовать данные, полученные на основе исходного разбиения для нахождения указанных выше квантилей. При таком подходе количество вершин аппроксимирующего многогранника практически удваивается.

В докладе демонстрируются ядра, построенные для экспоненциального, логнормального распределений и распределения Лапласа.

Идентификация нестационарной нагрузки для балки типа Тимошенко конечной длинны

Вахтерова Я.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м. н. Федотенков Г.В.
МАИ, каф. 902
yana-vahterova@mail.ru

Исследуются колебания однородной балки типа Тимошенко длины l в плоскости Oxy прямоугольной декартовой системе координат $Oxyz$. Ось Ox направлена вдоль балки. Исследование поперечных колебаний балки производится на основе уточненной теории, соответствующей модели балки типа Тимошенко. В качестве граничных условий используются условия шарнирного опирания. Начальные условия нулевые. В начальный момент времени к балке прикладывается распределенная нагрузка, зависящая от координаты и времени. Закон распределения нагрузки по пространственной координате предполагается заданным.

Решение прямой задачи основано на использовании нестационарных функций влияния. Они представляет собой нормальные перемещения и углы поворота сечений балки за счет сдвиговых деформаций от действия внешней нагрузки, распределённой известным образом по координате x. Зависимость нагрузки от времени описывается с помощью дельта-функции Дирака. Решения этой вспомогательной задачи (функции влияния) разыскиваются в виде разложений в ряды Фурье по тригонометрическим системам собственных функций. К полученной системе обыкновенных дифференциальных уравнений применяется интегральное преобразование Лапласа по времени с последующим обращением. В результате решение прямой задачи выражается в интегралах типа свертки функций влияния с приложенной нагрузкой.

Обратная задача по идентификации временного закона изменения нагрузки ставится следующим образом. В некоторой точке балки, с заданной координатой x_d, на нижней поверхности установлен тензодатчик, который измеряет деформации, возникающие вдоль оси Ox, в зависимости от времени. По данным, полученным с тензодатчика, требуется идентифицировать временной закон изменения внешней нагрузки. В таком случае обратная задача сводится к решению интегрального уравнения Вольтерра I-го рода. Эта задача является некорректно поставленной. Проблема решается при выполнении условия корректности.

Получены решения ряда тестовых задач по идентификации закона изменения внешней нагрузки по времени. Данный метод показал удовлетворительный результат. Исследованы возможности применения предложенного метода идентификации при наличии зашумленности измерений.

Исследование устойчивости трехслойной панели с прямым гофром

Верхотурова П.О.
Научный руководитель – ст. преподаватель Меньшиков А.А.
МАИ, каф. 603
polinka_v_1996@mail.ru

В современных конструкциях авиакосмического назначения для крепления приборов и оборудования все чаще используются многослойные панели. Они отличаются высокой жесткостью и меньшей массой, по сравнению с цельными пластинами и корпусами. Технология изготовления позволяет получать панели различных форм и с различным типом наполнителя. Наиболее распространенным наполнителем для таких панелей являются соты, изготавливаемые из тонкой фольги. Они обеспечивают отличную несущую способность панели при изгибе и сдвиге, но не позволяют производить активный отвод тепла от приборов из-за своей замкнутой структуры, что может приводить к их перегреву и выходу из строя.

В тех случаях, когда отвод тепла от приборов, размещенных на панели, с помощью активных воздушных систем охлаждения является приоритетным, целесообразно

использовать трехслойные термопанели с прямым гофровым наполнителем из тонкой алюминиевой фольги, который позволяет пропускать через себя воздушный поток, тем самым отводя вырабатываемое приборами тепло из зоны нагрева.

При расчете устойчивости подобной конструкции возникают проблемы с выбором подходящей методики. Стандартный Эйлеров подход при определении устойчивости прямого гофра не может быть применен, так как не учитывает перераспределение усилий в элементах наполнителя при изменении жесткости одного или нескольких гофров из-за потери их прямолинейной формы.

Для решения данной задачи целесообразно использовать частотно-модальный метод определения коэффициентов по устойчивости. Критерием потери устойчивости термопанели будет равенство нулю ее низшей собственной частоты. Для реализации данного алгоритма исследования используется конечно-элементный программный комплекс SIEMENS FEMAP with NX NASTRAN, в котором реализована возможность расчета собственных частот конструкции с учетом ее предварительного нагружения.

В работе представлены результаты исследования устойчивости типовой термопанели с прямым гофром, используемой на вертолетах «МИ-8», и приведена оценка ее несущей способности с учетом напряженно-деформированного состояния, полученного под действием следящей нагрузки при нелинейном расчете. Используемый метод позволяет с помощью стандартных конечно-элементных программных комплексов реализовывать расчет многослойных панелей с практически любой сложностью формы, обходясь без сложных аналитических расчетов.

Численно-аналитическая модель колебания земного полюса с учётом движения Луны

Виеру Б. Г.
Научный руководитель – доцент, к.ф-м.н. Перепелкин В.В.
МАИ, каф. 202
beaty_31@mail.ru

Построение высокоточной динамической модели вращения деформируемой Земли относительно центра масс, идентификация ее параметров на основе данных измерений Международной службы вращения Земли (МСВЗ) и надежный прогноз координат земного полюса весьма важны при решении задач навигации и при исследованиях ряда астрометрических, геодинамических и геофизических проблем.

В работе исследуется уточненная модель колебательного движения земного полюса с учетом влияния Луны. Показано, что возмущение от прецессии лунной орбиты является одним из определяющих результирующее движение полюса. Наряду с общепринятым подходом разделения колебательного процесса земного полюса на чандлеровскую и годичную компоненты предлагается подход к исследованию результирующей траектории полюса. Для анализа нестационарного результирующего движения выделяется возмущенная траектория. В качестве невозмущенной траектории выбирается ‘средняя’ – траектория полюса со средними параметрами чандлеровской и годичной компонент.

Указанное свойство может быть использовано для уточнения модели прогноза колебательного процесса полюса Земли. В ранее использованной двухчастотной модели движения земного полюса учитывались две составляющие – чандлеровская и годичная, а их период, и амплитуда принимались квазипостоянными – определяемыми на основе обработки высокоточных данных наблюдений. В действительности параметры модели являются переменными. Современная проблема о переменности параметров основных компонент колебаний земного полюса является актуальной и малоизученной. Она связана в первую очередь с исследованиями, направленными на установление небесномеханических и геофизических причин такого поведения чандлеровской компоненты колебаний, и с построением уточненных моделей долгосрочного прогноза параметров вращения Земли.

Для уточнения модели в работе получены новые опорные функции, учитывающие прецессионное движение лунной орбиты. Предложенная модель описывает наблюдаемые вариации амплитуды и фазы движения земного полюса. Приведены оценки и графические результаты модельных расчетов прогноза эфемерид навигационных спутников типа ГЛОНАСС/GPS с учетом разработанной модели движения земного полюса.

Исследование минимумов эшелонирования воздушных судов

Волкова О.О.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Платонов Е.Н.
МАИ, каф. 804
charaq@yandex.ru

В последние десятилетия гражданская авиация получила существенное развитие. Из года в год всё больше людей используют данный вид транспорта: отпуск, деловые поездки и т.д. Постоянно в небе находятся тысячи самолётов, преодолевающих огромные расстояния за считанные часы. Авиация соединяет отдалённые уголки планеты, расширяя людские возможности и экономя время пути между различными местами.

Однако, как бы определённый вида транспорта ни был удобен, всегда встанет вопрос о его безопасности. На сегодняшний день авиация – один из наиболее опасных видов общественного транспорта. Развитие этой отрасли способствует увеличению летательных аппаратов в небе. Чтобы уменьшить их риск столкновения между собой, приняты некоторые нормативные минимумы эшелонирования: по горизонтали, вертикали и времени.

В ближайшие десятилетия велика вероятность развития частной авиации, что приведёт к увеличению числа летательных аппаратов в воздушном пространстве. В связи с этим существует необходимость более точного определения минимумов эшелонирования.

Нормативные документы задают максимальную вероятность столкновения воздушных судов и, исходя из этого параметра, определяют минимально необходимое расстояние между ними. Для этого рассматриваются возможные отклонения самолёта от траектории, возникающие из-за погрешности измерительных приборов. Виды отклонений делятся на:

- типичные – отклонения, которые возникают довольно часто, в повседневной практике. Они моделируются с помощью статистических данных.
- нетипичные – отклонения, возникающие при каких-то исключительных обстоятельствах. Их моделирование на основе данных невозможно из-за их редкости: чтобы учесть эти отклонения, в лучшем случае необходим слишком большой объём информации.

Обычно предполагается, что типичные отклонения подчиняются гауссовскому закону, а нетипичные влияют некоторым случайным образом с весовым коэффициентом, отражающим частоту явления. Для исследования последних обычно бралось экспоненциальное распределение. Однако его применение основано лишь на эмпирических соображениях, и представляется возможным подобрать более рациональный закон, описывающий нетипичные отклонения самолёта. В связи с этим рассматриваются и сравниваются несколько вариантов: нормальное, лог-нормальное, экспоненциальное и распределение Эрланга.

Также в качестве отдельной величины в формулу для расчета вероятности столкновения воздушных судов вносится влияние турбулентности, так как её завихрения, в дополнение к другим отклонениям, могут привести к катастрофе даже при соблюдении минимумов эшелонирования.

Всё это позволит более чётко установить границы эшелонирования и, в дальнейшем, будет способствовать развитию гражданской авиации.

Оптимизация светофорного регулирования с помощью программы моделирования транспортных потоков

Елистратов Д.О.
Научный руководитель – Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
Xedvigdiablo3@gmail.com

В настоящее время практически все пользуются автотранспортом для передвижения по городу, из-за увеличения автотранспортных средств в городах, все чаще появляется проблема возникновения пробок на светофорах. Компьютерное моделирование позволит выявить проблемные участки на дороге.

Целью данной работы будет реализация программы, которая позволит задавать входящий поток, максимально приближенный к настоящему потоку автотранспортных средств.

В программе будут реализованы следующие возможности:

- Возможность конструирования небольшую дорожную сеть (несколько перекрестков) с регулируемыми светофорами и прогонять по ней автотранспортные средства;
- Задание входного местоположения генерации автомобилей в любом месте карты;
- Задание скорости движения (км/ч) автомобилей и количество едущих машин (авто/час)
- Моделирование проезда автотранспортных средств через регулируемый перекресток;
- Нахождение оптимальных режимов работы светофора для перекрестка;
- Сохранения результатов вычислений в MS Excel;

С помощью изменений входящих данных, мы будем видеть, как меняются возвращаемые данные программы. Такие, как пропускную способность каждого участка, среднее время ожидания в очереди, среднюю длину очереди и т. д.

В ходе работы над данной темой было разработано .NET-приложение на языке C#, в котором реализован алгоритм встраивания и извлечения сообщений, шифрование сообщений, а также разработан пользовательский интерфейс с помощью технологии WPF.

Исследование надежности топливной системы воздушного судна на основе применения агрегатного подхода

Завялик И.И., Трофимчук М.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Фетисов Е.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 71
zavyalik26@yandex.ru

Надежность воздушного судна (ВС) является одним из основных эксплуатационных свойств, так как определяет способность ВС сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования, т.е. определяет уровень технического состояния авиационной техники (АТ) в процессе эксплуатации. В то же время надежность является важным и самостоятельным научным направлением, на основе которого создаются и совершенствуются практические методы обеспечения и оценки надежности конкретных изделий при их создании, испытаниях и применении.

Надежность топливной системы (ТС) является одним из главных условий надежности ВС, так как эта система предназначена для размещения на борту ВС определенного количества топлива и его постоянной и безотказной подачи в двигатель как в полете, при любых возможных эволюциях и перегрузках самолета, так и на земле и зависит от качества применяемого топлива. Анализ отказов и неисправностей авиационных двигателей, топливо-регулирующей аппаратуры, агрегатов ТС показал, что

надежность и срок службы в большой степени зависит от наличия в авиационном топливе частиц загрязнений.

Для ТС ВС характерно наличие различных по своему функциональному назначению и конструктивному выполнению агрегатов. ТС ВС представляет собой сложную, многоуровневую систему. Под сложной технической системой (СТС) понимается объект, предназначенный для выполнения заданных функций, который может быть расчленен на агрегаты (элементы), каждый из которых также выполняет определенные функции и находится во взаимодействии с другими элементами системы. Чем сложнее система, тем она менее надежна, т.е. надежность системы зависит от надежности ее агрегатов (элементов). При оценке надежности СТС необходимо различать схемную надежность собственно системы и физическую надежность отдельных его агрегатов (элементов).

Наиболее общим подходом к формальному описанию процесса функционирования сложных систем является агрегативный способ (А - схема). При агрегативном подходе сначала дается формальное определение объекта моделирования – агрегативной системы, которая является математической схемой, отображающей системный характер изучаемых объектов. При агрегативном описании сложный объект (система) разбивается на конечное число частей (подсистем), сохраняя при этом связи, обеспечивающие их взаимодействие. Если некоторые из полученных подсистем оказываются в свою очередь еще достаточно сложными, то процесс их разбиения продолжается до тех пор, пока не образуются подсистемы, которые в условиях рассматриваемой задачи моделирования могут считаться удобными для математического описания. В результате такой декомпозиции ТС представляется в виде многоуровневой конструкции из взаимосвязанных элементов, объединенные в подсистемы различных уровней.

Применение рассмотренного выше подхода позволяет представить ТС ВС как СТС, обладающую развитой иерархической структурой с различными уровнями, что обеспечит проведение независимого исследования каждого агрегата ТС при применении некондиционного авиационного топлива, с последующим учетом взаимного влияния агрегатов ТС ВС и анализа качества процесса обеспечения потребителей ТС топливом на всех этапах эксплуатации ВС.

О численном гашении колебаний мембраны с использованием нескольких точечных демпферов

Зайцева С.С.
Научный руководитель – д. ф-м. н., проф. Михайлов И.Е.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
zayka_sveta@mail.ru

Колебания плоской мембраны описываются уравнением в частных производных гиперболического типа. Для данного уравнения задаются начальные условия, которые будем принимать за условие начальных возмущений, и граничные условия, интерпретируемые в качестве условий закрепления плоской мембраны. Энергия колебаний мембраны в момент времени T выражается интегралом, который в дальнейшем в работе будем называть интегралом энергии.

Формулировка задачи гашения колебаний плоской мембраны определяется следующим образом: требуется найти управляющую функцию из определённого класса управляющих функций (условия и ограничения на функцию подробнее описаны в работе), за счёт которой плоская мембрана переходит из начального состояния возмущения в состояние покоя за минимальное время T.

Ранее эта задача рассматривалась в работах Лагнесса, Бутковского, Рассела. Результатом работы Лагнесса является заключение, что колебания механической структуры можно погасить с помощью бесконечного числа управляющих функций. В работе Бутковского рассматривался один точечный стационарный демпфер, однако если он помещался в узел стоячих волн, вследствие чего задачу не удалось разрешить. В указанных работах учитывалось условие Левинсона, из которого вытекает теоретическое

время гашения колебаний. В работе Рассела были получены условия на управляющую функцию, однако недостатком является распределение этой функции на всем отрезке, на котором рассматривается задача гашения.

Перечисленные подходы показали, что задача гашения колебаний имеет решение, однако их трудно использовать в практических приложениях. По этой причине были предложены другие подходы, в том числе с использованием точечных демпферов, перемещающихся по небольшому участку мембраны.

В основе данной работы лежит идея применения нескольких точечных демпферов к решению поставленной задачи. Для численного решения дифференциального уравнения применяется конечно-разностный метод второго порядка аппроксимации. Для нахождения оптимальной функции используется метод координатного спуска.

В качестве примера рассматривается решение задачи гашения колебаний плоской мембраны с использованием одного точечного демпфера, помещенного в центр мембраны, а также приводится пример использования двух демпферов.

Разработка программного комплекса для решения задачи промерзания влажного грунта (задача Стефана)

Кадыева Л.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
leylakadyeva@gmail.com

В данной работе рассмотрена реализация численного решения задачи Стефана на примере проблемы промерзания грунта, которая все еще является актуальной, несмотря на долгие исследования, проводившиеся в данной предметной области.

В проекте ставится задача (т.н. задача Стефана) одномерного математического моделирования процесса теплопроводности для тела, различные части которого находятся в разных фазовых состояниях. Особенность данной краевой задачи в том, что локализация границы раздела фаз динамично и изменяется со временем. Проблемы подобного рода – это особая разновидность краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных. Для определения скорости смещения межфазных границ вводится дополнительное условие, приводящее задачу к нелинейному виду. Решение поставленной задачи состоит в вычислении распределения температур и определении положения межфазной границы в различные моменты времени. Так как подвижные границы раздела фаз создают динамические области для численного решения уравнения теплопроводности, а их начальное положение заранее неизвестно, то к классическому решению добавляются проблемы, связанные с определением этих самых границ, что влечет за собой дополнительные вычислительные трудности.

Известные численные методы решения задачи теплопроводности с подвижной границей можно условно разделить на два класса: методы сквозного счёта и методы, предполагающие явное определение положения межфазных границ. Методы сквозного счета позволяют не выделять границу раздела фаз и пользоваться общим уравнением во всей расчетной области, но подобное решение имеет ряд недостатков:

- точность разностного решения зависит от выбора сглаживающего параметра;
- низкая точность определения положения межфазных границ.

Ко второму классу относятся методы, в основе которых - использование идеи конечных разностей. При этом всегда известно, между какими узлами расчётной сетки находится граница, или через какой узел она проходит. В данной работе используется метод ловли фронта, который является одним из наиболее известных.

Для реализации численных алгоритмов был использован пакет прикладных программ MATLAB, предоставляющий удобные инструменты для математического моделирования, оптимизации работы с матричными данными, а также визуализации, которая является одним из приоритетных средств вывода, наглядно демонстрирующих результат. Разработанный программный комплекс на основе физических и термодинамических параметров находит распределение температур по глубине грунта и

положение границы раздела фаз к заданному моменту времени и строит соответствующий график зависимости температуры грунта от его глубины. В качестве примера рассмотрим следующую задачу.

Пусть имеется влажный грунт, глубиной 0,8 метра (теплопроводность – 0,6 Вт/(м*К), плотность – 1000 кг/м^3, удельная теплоемкость – 4220 Дж/(кг*К), температура – 23° С). В момент времени температура внешней среды устанавливается равной T_c = -10° С. Характеристики промерзшего грунта: теплопроводность – 2,3 Вт/(м*К), плотность – 917 кг/м^3, удельная теплоемкость – 2090 Дж/(кг*К). $t_{конечное}$ = 1 сутки (84600 сек). Глубина промерзшей части составила 0.08.

Решение проблемы оптимального формирования массива данных при построении регрессионных моделей энергоэффективности сложных технических систем

Капанский А.А., Шенец Е.Л.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Грунтович Н.В.
ГГТУ им. П.О. Сухого, каф. Электроснабжение
kapanski@mail.ru

Рассмотрены оптимальные способы формирования базы статистических данных при решении задач прогнозирования энергоэффективности сложных технических систем. Одной из центральных проблем статистического анализа является проблема снижения размерности информационной базы данных (ИБД). В соответствии с этой проблемой предполагается, что существует возможность лаконичного описания исследуемой зависимой переменной за счет использования в качестве входной матрицы наиболее информативных факторов, что способствует сокращению объема выборки. Для сокращения объема первичной информации могут использоваться следующие способы:

1. *Отбор показателей наиболее значимой группы факторов.* Рассмотренный метод, определяет снижение размерности выборки за счет уменьшения количества предикторов, учитывая специфику решаемой задачи. Для прогнозирования энергоэффективности во многих случаях нет необходимости учитывать абсолютно всю группу факторов, которые описывают модель с коэффициентом детерминации близким к единице ($R^2 \rightarrow 1$). Увеличение объема предикторов в ряде случаев способствует только усложнению процедуры сбора и обработки данных. При этом точность прогноза может не существенно отличаться от требуемой. Таким образом, реальное количество регрессоров заменяется меньшим с условием удовлетворения критерия информативности.

Сжатие массивов статистических данных за счет выбора наиболее значимых подобъектов. При большом объеме не только факторных, но и критериальных (зависимых) переменных, к примеру, когда обработка данных и задача прогноза энергоэффективности затрагивает не один сложных объект, а группу объектов, обработка *n*-мерного массива многократно усложняется. Для снижения массива информационной базы данных без значительной потери качества итоговой модели наряду с регрессионным анализом используется кластерный, который позволяет классифицировать объект по степени значимости входящих в него множеств. Такой поход позволяет снизить размерность исходной выборки включающей в себя p подобъектов, до k-мерной эталонной (наиболее значимой) выборки ($k<<p$).

Обратной стороной увеличения размерности информационной базы данных является её низкая наполняемость и наличие пропусков. В практике обработки данных с пропусками следует выделить следующие методы:

1. *Удаление строки матрицы ИБД содержащей пустоты.* Такой метод является наиболее простым в использовании и позволяет сформировать базу данных содержащую полный набор исходной информации. Однако такой подход может привести к ситуации, в которой минимальный объем выборки не удовлетворяет условиям построения качественной модели. Использовать рассмотренный метод имеет смысл только в том случае, если исключение пустот в информационной матрице данных сопровождается снижением её размерности.

Заполнение пропущенных данных. Использование данного метода предотвращает потерю первичной информации. Выбор метода восстановления данных должен основываться на следующих соображениях: *метод среднего по известной выборке и N значений соседних точек* следует использовать при небольшой дисперсии наблюдений, отсутствии сезонности и ярко выраженной динамики; *метод линейной интерполяции соседних данных статистики* наиболее эффективен при наличии сезонного фактора в данных; *метод замены пропусков линейным трендом* наиболее эффективен при наличии автокорреляции в рядах динамики.

Программное обеспечение метода, имитирующего поведение стаи рыб

Каранэ М.М.С.
Научный руководитель – Пантелеев А.В.
МАИ, каф. 805
mmarselina@mail.ru

В данной работе производится описание алгоритма, имитирующего поведение стаи рыб, и его программной реализации. Рассматриваемый метод осуществляет поиск глобального условного максимума многоэкстремальных функций многих переменных.

Тема поиска экстремума многоэкстремальных функций крайне актуальна, так как на практике чаще всего встречаются задачи, такого типа в многомерной области при наличии ограничений, что значительно усложняет процесс нахождения решения. Поэтому для оптимизации таких функций разрабатываются метаэвристические алгоритмы. Одним из таких алгоритмов является метод, имитирующий поведение стаи рыб.

Данный метод имитирует движение рыб в аквариуме (множестве допустимых решений). Рыбы плавают группой, и каждая из них имеет внутреннюю «память» о случившемся успехе в поиске пищи (приближении к точке экстремума), заключенную в весе рыбы. Во время своего движения рыбы совершают коллективный поиск пищи. Наличие пищи показывает рыбам области аквариума, которые определяют хорошие регионы для поиска решения. В процессе плавания реализуется идея глобального перенаправления всех рыб в ту часть аквариума, которая рассматривается всеми рыбами стаи как наиболее предпочтительная с точки зрения поиска пищи. Размножение рыб позволяет перейти от сравнительного исследования областей аквариума к процессу, уточняющему решение в рамках найденной области. К процессу размножения допускаются рыбы с наибольшим весом.

В начале алгоритма задается целевая функция, которую необходимо оптимизировать, в некоторой области допустимых решений. На первом шаге генерируется начальная популяция рыб, которые равномерно распределяются по этой области.

Далее рыбы должны искать пищу, разбросанную в аквариуме в различных концентрациях. Для поиска пищи рыбы выполняют индивидуальные движения. Рыба может прибавить в весе или наоборот, в зависимости от результата поиска.

Каждая отдельно взятая рыба совершает движение в случайном направлении так, чтобы значение целевой функции возрастало. Если новое положение рыбы не входит в область (аквариум), то движения не происходит. Рыбы, сделавшие наилучшее движение, определяют результирующее направление движения стаи в большей степени, чем остальные. Помимо индивидуального движения рыбы совершают и коллективное движение, основывающееся на учете движения всей стаи.

Для размножения выбираются рыбы, достигнувшие порогового веса. Для каждой выбранной рыбы ищется пара, т.е. рыба, которой соответствует максимальное отношение ее веса к расстоянию до претендента. Далее родители и потомки ранжируются по величине веса. Для сохранения размера популяции удаляются все рыбы, имеющие наименьший вес. Процесс заканчивается по достижении заданного числа итераций. В качестве решения выбирается положение рыбы с наибольшим весом.

На основе данного алгоритма было реализовано программное обеспечение. Программа была написана на языке C#, в среде разработки MicrosoftVisualStudio 2012.

Данная программа позволяет:

- выбирать стандартные тестовые функции и находить для них решение;
- встраивать новые функции для исследования на экстремум;
- изучить работу алгоритма в пошаговом режиме;
- провести анализ параметров алгоритма и подобрать более подходящие параметры для той или иной функции;
- решать прикладные задачи оптимизации технических систем.

Достоинства и недостатки модулярных вычислений

Кондратьева А.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Инютин С.А.
МАИ, каф. ПВК
Nastia.bugaenko@yandex.ru

В настоящее время серийный компьютер способен работать лишь с ограниченным множеством чисел, диапазон которых определяется ограниченной разрядной сеткой процессора. Простые процессоры в составе микроконтроллеров для управления бытовой техникой работают с целыми числами размером в 8 двоичных разрядов (бит) или 16 бит. Процессоры большинства персональных компьютеров работают с 32 битными целыми числами. В последнее время появились процессоры персональных компьютеров с разрядностью 64 бит. В 64 двоичных разряда (около двадцати десятичных разрядов) укладывается почти любое необходимое для практических нужд число. Однако многие совсем не редко встречающиеся алгоритмы требуют большей разрядности. Примером являются популярные схемы шифрования: так, алгоритм RSA, который используется в распространенном интернет- протоколе SSL, в настоящее время считается достаточно безопасным при длине ключа 2048 бит. Реализация таких вычислений вызывает определенные трудности на 32- и 64-битных машинах. В современных двоичных машинах такая проблема решается переходом к кратным системам счисления (например, с основанием 216 или 232), однако получающиеся алгоритмы оказываются весьма громоздкими — при каждом удвоении размера RSA-ключа время, затрачиваемое на дешифровку, увеличивается в 6–7 раз. В 50-х годах прошлого века было предложено решение для работы с большими числами, основанное на одной из разновидностей непозиционных систем счисления — системе остаточных классов (СОК) или модулярной арифметики (Residue Number System). Найденное решение оказалось универсальным, пригодным для специализированных компьютеров, других применений и используется в настоящее время в составе многих алгоритмов. В СССР были спроектированы высоконадежные специализированные машины на основе СОК, находившиеся в эксплуатации до последнего времени.

Система остаточных классов основана на китайской теореме об остатках. В модулярной арифметике для вычисления суммы (или произведения) двух чисел, представленных в СОК, необходимо сложить (или перемножить) вычеты по модулю в соответствующих разрядах. В этой машинной арифметике операции выполняются параллельно и независимо друг от друга для каждого разряда, т.к. отсутствуют операции переноса в соседний разряд. Малая разрядность вычетов по модулю в отдельных разрядах обеспечивает возможность использования табличной арифметики, при которой вместо вычисления результат операции выбирается из памяти, в которую заранее помещается соответствующая таблица. Операция при табличной арифметике и соответствующей конвейеризации выполняется за один машинный такт для сколь угодно большого числа в СОК, в котором количество разрядов зависит от конструкции модулярного процессора компьютера. Это свойство модулярной арифметики позволяет эффективно выполнять некоторые классы задач, алгоритмы которых содержат преимущественно сложение, умножение и возведение в степень многоразрядных чисел. Причем СОК позволяет резко упростить архитектуру вычислительных электронных устройств без снижения тактовой частоты, за счет чего повышается не только скорость, но и энергетическая эффективность вычислений. Другим преимуществом СОК является возможность сравнительно

несложной реализации устройств с высокой надежностью. За счет введения избыточных разрядов появляется возможность строить эффективные арифметические помехоустойчивые коды.

Основной проблемой модулярной арифметики является большая сложность выполнение ряда операций, в частности сравнение по величине и деление чисел с остатком. Эти операции имеют «позиционную природу» и не могут быть выполнены без вычисления характеристики числа, определяющей его позицию в числовом ряде, это приводит к необходимости восстановления в той или иной форме позиционного представления числа. По этой причине проблематично создание универсальных вычислительных устройств на основе модулярной арифметики. Тем не менее, весьма успешным оказалось создание специализированных под конкретные задачи компьютеров на основе модулярной арифметики с рекордными для своего времени характеристиками.

Мониторинг содержания металлов в сопредельных средах на основании проектирования нейросетевого каскада

Кулагин А.А.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Мухаметшина Е.С.
КНИТУ-КАИ, каф МС и ПБ
ielnara@mail.ru

Нами ставилась задача получения мониторинговой информации по доступным статистическим данным о содержании токсикантов в сопредельных средах за счет проектирования каскадных нейронных сетей.

В качестве предмета мониторинга в сопредельных средах нами выбрано содержание металлов, которые обладают большой устойчивостью в среде, высокой способностью к биогенной миграции, невозможностью самостоятельной деструкции и элиминации из организма человека. Металлы содержатся в каждой из выбранных сопредельных сред, а именно: снежном покрове, почвенном покрове и растениях.

Определение содержания металлов в снежном покрове является предметом специальных мониторинговых исследований, которые организованы в ограниченном числе населенных пунктов. Поэтому, нами ставилась задача получения мониторинговой информации по доступным исходным данным. Такими легко определяемыми показателями, не требующими проведения специальных дорогостоящих исследований, являются поступление пыли и снега.

Обучение нейронных сетей осуществлялось на основании результатов экспериментальных наблюдений в исследуемых средах в городах Казани и Нижнекамске (2001-2005 гг.). В ходе проведенного экспедиционного обследования установлено содержание металлов (мг/кг) (меди, цинка, никеля, хрома, свинца, железа, марганца), в снеге, почве и растениях, а также поступление снега (кг/м2), поступление пыли (мг/м2).

Нами спроектирована нейронная сеть для расчета содержания металлов в пыли снежного покрова в зависимости от стандартных показателей, характеризующих поступление пыли и снега. С характеристиками, показанными на слайде. На слайдах продемонстрирована сходимость расчетных и экспериментально измеренных величин концентраций примесей. Для примера демонстрируется сходимость в отношении меди и железа. Таким образом, нами показано, что спроектированная нейронная сеть может с высокой степенью эффективности применяться для определения содержания металлов в снежном покрове.

Нами спроектирована нейронная сеть для прогнозирования содержания металлов в почве и растениях в зависимости от их содержания в снежном покрове. Входные и выходные величины показаны на слайде. Спроектирована нейронная сеть с топологией, показанной на слайде. Характеристики сети также показаны на слайде.

Создана каскадная нейронная сеть, объединяющая в себе две сети, которые строились и обучались независимо, а использоваться могут совместно. Характеристики каскада показаны на слайде.

Таким образом, нами разработана методика получения мониторинговой информации по доступным статданным на основе нейросетевых технологий, позволяющая определять содержание металлов в сопредельных средах. Спроектированный нейросетевой каскад (поступление снега и пыли - содержание токсикантов в снежном покрове - в почвенном покрове - в растениях) позволит производить ориентировочные расчеты, минуя дорогостоящие и длительные стадии экспериментальных исследований, и может быть использован предприятиями Агропромышленного комплекса.

Алгоритмизация булевых функций формулами и схемами в базисе полинома Жегалкина

Лихоузов К.И.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Чебурахин И.Ф.
МАИ, каф. ПМиИ
beakir@mail.ru

В основе дискретной математики, являющейся одной из самых значимых математических дисциплин, лежит теория булевых (логических) функций. Эти функции представляют собой самые простые объекты дискретной природы. Язык булевых функций достаточно хорошо приспособлен для декомпозиции задач. Поэтому он широко используется в различных областях человеческих знаний: математика, кибернетика, в том числе теория распознавания образов, а также биология. Области успешного применения результатов и методов теории булевых функций достаточно разнообразны и могут быть продолжены.

Данная работа посвящена рассмотрению вопросов реализации булевых функций в базисе полинома Жегалкина, названного в честь выдающегося математика Жегалкина И.И., который сделал первые исследования по полиномиальным представлениям булевых функций. В работе рассмотрены методы синтеза различных полиномов Жегалкина в классах формул и схем, состоящих из функциональных элементов, а также были получены оценки мощности классов функций, задаваемых полиномами одинарного строения и бесповторными полиномами Жегалкина.

Исследования, проводимые в данном направлении, показывают, что для получения приемлемого решения необходимо использовать алгоритмы переборного характера, применение которых приводит к большим затруднениям поиска данного решения или даже к невозможности найти его уже для функций небольшой размерности. Таким образом, возникает необходимость для создания новых алгоритмов и методов решения, которые должны обладать значительно меньшей трудоемкостью, по сравнению с алгоритмами переборного метода.

Эффективность алгоритмизации булевых функций формулами и схемами в базисе полинома Жегалкина обеспечивается благодаря развитому математическому аппарату, включающему в себя функциональные уравнения, которые применяются для синтеза булевых функций, а также для их декомпозиции.

В рамках работы были получены оценки показателей сложности, которые применяются для автоматизации синтеза булевых формул, а также логических управляющих схем; было показано, что сложность скобочной формулы равносильна числу её переменных. Методы, использованные для нахождения верхней оценки показателя сложности, предполагают использование декомпозиции функции и рекуррентных соотношений. Минимизировать показатели сложности синтеза формул можно за счет увеличения множества эквивалентностей и приведения формул к скобочному виду.

Результаты, полученные в работе, рекомендуется использовать в области математической логики, в частности, для таких исследований, как “агентные системы”, которые являются одним из направлений искусственного интеллекта. Данные системы способны производить декомпозицию задачи, т.е. сводить решение трудно решаемой задачи в решение системы взаимосвязанных задач, обладающих более легким решением.

Такой метод осуществляется за счет специальных программ, в том числе и рекурсивных, создание которых – искусство программирования. Также результаты работы могут быть использованы в проектировании базы данных и знаний области приложений дискретной математики.

Анализ экстремальных нагрузок в транспортной машине в режиме эксплуатации

Никитин А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Щербаков В.И.
Московский политехнический институт, каф. ДПМиСМ
5657170@gmail.com

В процессе создания и проектирования транспортных машин специального назначения требуется анализировать возможные экстремальные нагрузки, возникающие при эксплуатации и проводить проверку прочности при этих нагрузках. Такие эксплуатационные режимы характеризуются малым временем действия по сравнению с периодом низших собственных колебаний динамической системы и высокими значениями ускорений и инерционных нагрузок.

Рассматривается механическая система, состоящая из автомобильного колесного шасси и рабочего блока. Динамическая модель принята дискретной, содержащей две жесткие объемные массы. Массы соединены между собой при помощи безынерционных упругих элементов. В соответствии с возможными перемещениями системы введены пять обобщенных координат. Потери учитываются при помощи введения матрицы демпфирования на завершающей стадии составления уравнений движения. Нагрузка задавалась в виде импульсного силового воздействия в вертикальном направлении F(t), действующего в технологическом приспособлении. Принималось приложение нагрузки в наиболее удаленном углу технологического блока, так как при этом нагружение системы является экстремально опасным. Используя уравнения Лагранжа второго рода, составляли уравнения движения системы, которые представлялись в векторно-матричном виде. Соответствующие уравнения и входящие в них матрицы масс, жесткостей и демпфирования представлены в работе.

Задача расчетов состояла в определении динамических усилий в упругих элементах подвески колесного шасси, а также в элементах крепления технологического блока к шасси. Данная информация необходима для дальнейших расчетов на прочность и жесткость вышеуказанных элементов конструкции.

Стандартными методами аналитической динамики найден спектр собственных частот. Расчитана матрица собственных форм. После нахождения спектра собственных частот колебаний системы проводили сравнение периода колебаний низшей собственной частоты системы с временем действия импульса нагружения. Было установлено, что последнее в несколько раз меньше периода колебаний, что подтвердило справедливость рассмотрения нагружения в виде импульсного.

Для отыскания реакции системы на кратковременные динамические воздействия использовали метод главных координат, состоящий в том, что движение в обобщенных координатах представляли в виде разложения по главным координатам, за которые принимали собственные формы колебаний.

Метод главных координат заключается в переходе от решения системы пяти связанных дифференциальных уравнений к решению пяти независимых уравнений, каждое из которых решается отдельно. Так как период длительности импульса нагружения в несколько раз меньше низшей собственной частоты колебания системы, для решения независимых уравнений использовали метод функции Грина. Функция Грина представляет собой реакцию по k-ой координате на дельта-воздействие по j-ой координате.

После решения задачи в главных координатах, производили обратный переход к исходным обобщенным координатам. В результате нашли законы перемещения масс. Продифференцировав законы движения масс по времени, получили ускорения и инерционные нагрузки.

Теплообмен при обтекании сферической головной части летательного аппарата химически неравновесным гиперзвуковым потокам.

Попов В.Э.
Научный руководитель – доцент, Молчанов А.М.
МАИ, каф. 204
vario999@mail.ru

В последние годы в связи с технологическим ростом, и достижения продолжительной скорости полета летательных аппаратов порядка чисел маха M=6-7, температура торможения в пограничном слое при такой скорости набегающего потока достигает порядка 5000 – 7000 К, возникает химическая неравновесность, которая приводит к изменению режима обтекания тела. В том числе распределение теплового потока около аппарата. В связи со сложностью и дороговизны эмпирических исследований, стоит задача математического моделирования.

Актуальность работы обусловлена необходимостью максимально точного предсказания распределения теплового потока на поверхности (ГЛА) при его проектировании. Для ГЛА особенно важно определить тепловые режимы таких наиболее тепло нагруженных участков поверхности как носок фюзеляжа, передние кромки крыльев, кромки входных устройств и т.п. тел.

Как правило, в гиперзвуковых летательных аппаратах указанные элементы имеют форму затупленных тел. В связи с этим в рамках данной работы проводилось исследование термо-газодинамических процессов при обтекании гиперзвуковым потоком сферического тела (моделируя область ПКТ).

Из-за большого числа существующих программных комплексов CFD встает задача подборки наиболее оптимального алгоритма математического моделирования. Который оптимально подошел бы к инженерам. Так как наиболее распространённым является программный комплекс ANSYS, то встает вопрос о моделирование с помощью одного из его модулей. Как правило обычно используют ANSYS FLUENT, но помимо его также существует модуль ANSYS CFX, который изначально предполагался для использования моделирований течений сплошной среды, при низких температурах (до 5000 К). Так как эти комплексы изначально созданы на разных расчетных схемах, то становиться интересно как справиться CFX с аналогичной задачей.

Целью данной работы является создание математической модели на базе ANSYS CFX физико-химических процессов (химические реакции диссоциация и рекомбинация) при полете с гиперзвуковой скоростью в атмосфере земли, свойства которой могут быть описаны с помощью уравнений сплошной среды.

Для выполнения указанной цели в работе решены следующие задачи:

– Использование ANSYS CFX для расчета обтекании сферической головной части летательного аппарата химически неравновесным гиперзвуковым потокам.

– Построение расчетной области и расчетной сетки.

– Произведены расчеты для различных скоростях набегающего потока U=3000м/с, 4000м/с, 5000м/с и на высотах H=30км,50км, с учетом химических реакций.

– Анализ полученных результатов.

Сокращение механизма горения газовых смесей методами DRGEP и зацепления

Сафиуллин И.И.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Крюков В.Г.
КНИТУ-КАИ, каф. АДиС
kazan711@yandex.ru

В данной работе предлагается комбинированная технология сокращения механизма реакций с использованием метода зацепления и алгоритма Дейкстры, применяемому в теории графов. Этот алгоритм лежит в основе метода DRGEP (*directed relation graf error propagation*) сокращения реакционных механизмов. Согласно этому методу вершины графа соответствуют веществам, а дуги отражают «силу связи» между ними. Между

двумя любыми веществами могут «протянуться» одна прямая и несколько промежуточных связей. Задачей метода DRGEP является определение самых влиятельных связей между целевыми (t) и остальными (i) веществами.

Процедура Дейкстры формирует матрицу Z_{it} этих связей. Выбирая из каждой i – ой строки самое большое число $G_i = max(Z_{it})$, получим показатель влияния i – го вещества на целевые. Если значение G_i будет меньше заданного порога, т. е. $G_i \le \zeta_d$, то i – ое вещество удаляется из сокращаемого механизма вместе с соответствующими реакциями. Показатель G_i можно использовать далее для удаления реакций по методу зацепления с переменным пороговым коэффициентом (K_i), полагая $K_i = 1/G_i$.

Апробация изложенного метода была выполнена для реагирующей смеси "CH_4+ воздух". Полный механизм ее горения содержит 28 веществ и 131 реакций. Редуцирование этого механизма проводилось для условий реактора идеального смешения при: $\alpha_{ок}$ = 1,0; T_0 = 2700 К; P = 1 атм. Время пребывания $\tau_{пр}$ = 0,39· 10^{-4}сек. Вещество N_2 считалось инертным. Заданный набор целевых веществ составляют: CH_4, O_2, CO_2, H_2O. В расчетах были приняты следующие пороговые значения: ζ_d = 0,01 (DRGEP метод); ζ_1 = 0,04 (метод зацепления). После применения метода DRGEP сокращенный механизм включал 15 веществ и 58 реакций. При последующем применении метода зацепления число реакций сократилось до 15. Затем для проверки эффективности сокращения по разработанной комбинированной технологии к программному обеспечению временно были подключены блоки «анализ веществ» и «анализ реакций». Применение этих блоков требует большого объема вычислений, но они наиболее надежно сокращают реакционный механизм. В результате их применения полученный механизм реакций дополнительно сократился до 13 веществ и 14 реакций. Таким образом, разработанная технология является достаточно эффективной.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований и правительства Республики Татарстан (№ 15-48-02454/2016).

Разработка программной модели линии цифровой связи VDL режима 2

Серебренников Е.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Туринцев С.В.
Иркутский филиал МГТУ ГА, каф. АРЭО
jenyaserebrennikov@gmail.com

Для организации и эффективной деятельности авиационной системы необходимо обеспечивать эффективную и оперативную связь между наземными и воздушными пунктами. Для решения данной задачи разработана бит-ориентированная система передачи данных в ОВЧ диапазоне VDL (VHF Data link). VDL работает в нескольких режимах, одним из которых является VDL режима 2, при котором обеспечивается передача данных в диапазоне 117,975-137 МГц в пределах ширины полосы канала в 25 кГц с символьной скоростью (частота передачи символов) – 10500 символов/с (каждый символ несет информацию о трех битах), что соответствует номинальной скорости передачи 31500 бит/с.

В VDL режима 2 используется дифференциальная 8-позиционная фазовая манипуляция (D8PSK–Differential8 PhaseShiftKeying) с применением приподнято-косинусоидального фильтра. Биты заданного символа определяются изменением фазы от предыдущего символа.

Предлагается разработать программную модель в среде программирования LabView с целью повышения качества обучения студентов по специальности «Техническая эксплуатация транспортного радиоэлектронного оборудования».

Данная модель включает в себя формирующую часть (модулятор) и приемную часть (демодулятор). Передача данных начинается с выполнения последовательности настройки демодулятора, которая включает в себя пять сегментов:

1. Линейно нарастающая характеристика и стабилизация мощности передатчика;
2. Синхронизация и разрешение неоднозначности;
3. Резервный символ;
4. Длина передачи;
5. FEC (Forward Error Correction – прямая коррекция ошибок) заголовка.

Также, на передающей стороне, для восстановления синхронизации и стабилизации формы переданного спектра применяется скремблирование битов. В общем случае, под скремблированием понимается шифрование потока данных, в результате которой он выглядит как поток случайных битов (псевдошумовая последовательность).

Работу приемной части разрабатываемой модели так же можно представить в виде отдельных сегментов.

Первым этапом решается задача обнаружения начала передачи сообщения за счет оценки уровня средней мощности принимаемого сигнала.

Вторым этапом решается задача синхронизации тактового генератора приемной части с частотой и фазой следования символов, для однозначного определения уровня квадратурных составляющих и составления истинной карты фазовых созвездий. Эта задача решается за счет того, что на передающей стороне в начале каждого формируемого пакета сообщения стоит синхронизирующая последовательность размерностью шестнадцать бит.

На третьем этапе решается задача декодирования принятого сообщения.

Таким образом, созданная модель поможет в понимании принципа работы и организации цифровой линии передачи данных VDL режима 2. Также построение данной модели дает возможность более глубокого анализа цифровой линии передачи данных с целью выявления ее недостатков и последующего улучшения будущих разработках.

Определение числа слоев и нейронов сети для управления многорежимным объектом

Сомкина А.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Боголюбов А.А.
МАИ, каф.301
a.s.somkina@gmail.com

Одним из этапов построения нейронной сети для управления многорежимным объектом является определение количества слоев и числа нейронов сети. При недостаточном количестве нейронов сеть - не обучиться. Избыточное количество приведёт к переобученности сети.

В настоящее время существуют различные метода расчета числа нейронов. Для простых задач подходят эмпирические формулы. Много формул для расчета числа нейронов относительно количества входных и выходных сигналов. Очень популярены алгоритмы сокращения. Но только совокупность случайных и локальных методов дают результат.

Теорема Арнольда - Колмогорова - Хехт - Нильсена является не конструктивной. В ней отсутствует методика определения числа нейронов в сети для некой конкретной обучающей выборки.

Алгоритмы сокращения - метод штрафных функций и метод проекций – имеют значительные недостатки: отсутствие методики определения количества избыточных нейронов, подлежащих сокращению; низкая скорость обучения, как следствие избыточной мощности сети.

Основной метода конструктивного алгоритма является алгоритм расщепления нейронов, вес синапса которых измениется в противоположенных направлениях от итерации к итерации. В результате, вместо этого нейрона в сеть вводятся два новых нейрона. Значение каждого синаптического веса нового нейрона - это значение соответствующего веса изначального нейрона и небольшой шум. Величины весов связей выходов новых нейронов и нейронов следующего слоя равны половине величин весов связей исходного нейрона с соответствующими весами следующего слоя.

Основные шаги конструктивного метода:

1. Определение первоначального числа нейронов в скрытых слоях.
2. Инициализация сети, заключающаяся в присваивании синаптическим весам и смещениям сети случайных значений из заданного диапазона.

3. Обучение сети по выбранной выборке.
4. Завершение в случае успешного обучения. Если сеть обучить не удалось, то число нейронов увеличивается и повторяются шаги 1-3.

Правильный расчет числа нейронов сети системы позволит значительно повысить качество управления многорежимным объектом. В работе предлагается использовать конструктивный алгоритм для расчета числа нейронов сети управления многорежимным объектом.

Методика создания имитационных моделей элементов информационно-управляющего поля кабин летательных аппаратов

Спицын В.Ю., Шапошников А.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н Верещиков Д.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 72
Vladislav.spicyn@yandex.ru

Информационно-управляющее поле кабины представляет собой совокупность бортовых информационно-управляющих устройств летательного аппарата, в число которых входят, например, многофункциональные индикаторы, многофункциональные пульты, коллиматорный авиационный индикатор, пульты управления и индикации.

Анализ современного состояния и перспектив развития информационно-управляющего поля кабин самолетов показывает, что разработчики стремятся решать одни и те же задачи в области эргономики и информационного пространства различными путями. Принципиальное решение вопроса о применении того или иного формата индикации пилотажно-навигационных параметров может быть решено только путем всесторонней экспертной оценки с участием большого количества летчиков-экспертов. Проведение анализа требует наличие моделирующих средств (программных комплексов) и редакторов, позволяющих оперативно изменять их формат.

Задачи создания и редактирования имитационных моделей элементов информационно-управляющего поля кабин летательных аппаратов успешно решаются в ВУНЦ ВВС «ВВА». Для проектирования имитационных моделей информационно-управляющего поля кабин разработана методика построения многофункциональных цифровых индикаторов (МФЦИ) и индикации на лобовом стекле (ИЛС) с помощью мультимедийной платформы Adobe Flash совместно с комплексом имитационного моделирования Matlab@Simulink.

Исходными данными для построения облика МФЦИ и ИЛС является внешний вид данной индикации на реальном самолете, а также логика её работы. Используя данные изображения, а также средства рисования мультимедийной платформы Adobe Flash создаются макеты требуемого МФЦИ или ИЛС с разделением на подвижные объекты (стрелки, маркеры и др.), объекты отображения текстовой, цифровой информации и неподвижные объекты (фон, шкалы, подписи и др.). Стоит отметить, что при построении авиагоризонта прямой индикации («Вид с воздушного судна на землю») ориентация самолета задается вращением фонового изображения, при обратной индикации вращается лишь силуэт самолета на индикаторе крена и тангажа.

После завершения создания всех элементов приборной панели в Adobe Flash начинается работа с программным кодом. С помощью языка программирования ActionScript 3.0 формируется логика поведения подвижных объектов и отображения текстовой и цифровой информации.

После тестирования индикации в Adobe Flash формируется итоговое приложение для запуска модели МФЦИ или ИЛС на экране монитора или проекционной системы.

Получение информации о пространственном положении самолета осуществляется с использованием системы сетевого обмена по протоколу UDP из математической модели летательного аппарата в соответствии с заранее сформулированным протоколом и последующим ее отображением на ИЛС и МФЦИ.

Таким образом, в ВУНЦ ВВС «ВВА» отработана методика создания имитационных моделей информационно-управляющего поля кабин летательных аппаратов и разработаны имитационные модели индикации большого количества современных самолетов: Ил-76МД, Ил-76-МД-90А, RRJ-100, МС-21, Су-30СМ, ЯК-130, Су-34, МиГ-29К(КУБ).

Математическая модель динамики движения транспортного самолёта с высокоавтоматизированной системой управления

Спицын В.Ю., Шапошников А.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н Верещиков Д.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 72
eripas@yandex.ru

С каждым новым поколением транспортных самолётов накопленный опыт эксплуатирования и список полётных ситуаций являлись материалом для проектирования систем управления, позволяющих снизить нагрузку на лётчика путём использования вспомогающих подсистем. Не имело значения, относились ли полётные ситуации и опыт управления самолёта к транспортной авиации или произошли при управлении маневренной машиной — в обоих случаях имеется взаимодействие лётчика и системы управления. Перспективные транспортные самолёты оснащаются высокоавтоматизированными системами управления. Для их исследования создаются и применяются программно-моделирующие комплексы, частью которых являются математические модели динамики движения самолётов.

Математическая модель динамики движения перспективного транспортного самолёта предназначена для использования в программно-моделирующем комплексе для решения задач в области исследования высокоавтоматизированных систем управления. Модель динамики движения реализована в среде программирования Matlab@Simulink. Она доступным образом позволяет реализовать принципы построения программно-моделирующих комплексов, применяемые на кафедре авиационных комплексов и конструкции летательных аппаратов ВУНЦ ВВС «ВВА». В число основных из них входят: принцип открытой архитектуры, модульность, сетевой обмен информацией, ориентированность на пилотажные стенды и рабочие станции различной архитектуры. Благодаря открытому коду и визуальному представлению программных элементов среды Simulink математическую модель не трудно редактировать, программный код позволяет понять физическую сущность подсистем модели, взаимосвязи между программными модулями.

В математической модели реализуется расчёт траектории летательного аппарата, вектора скорости, угловых скоростей, перегрузок, сил и моментов, действующих на самолёт. Для этого в Simulink - модели создан следующий ряд основных вычислительных модулей:

- модуль «Определения аэродинамических сил и моментов»;
- модуль «Формирования управляющих сигналов;
- модуль «Силовая установка»;
- модуль «Массовые характеристики»;
- модуль «Моменты инерции»;
- модуль «Шасси».

Математическая модель динамики движения самолёта является составной и незаменимой частью программно-моделирующего комплекса для изучения высокоавтоматизированной системы управления. В будущем предстоит добавить несколько новых подсистем основного модуля системы управления самолёта, что позволит расширить исследуемую область высокоавтоматизированной системы управления.

Исследование показателей качества, обеспечивающих стойкость космического аппарата к воздействию ионизирующих излучений

Ушаков Е.Д.
Научный руководитель – к.т.н. Блатиков Г.А.
МАИ, каф. Стартовые комплексы
stk1996@mail.ru

В XXI веке у человечества снова появилась тяга к космосу. Ряд стран, ведущих в космической отрасли, анонсировали планы не только по отправке к космическим телам Солнечной Системы автоматических станций, зондов и планетоходов, но и пилотируемые миссии на Луну и Марс. Также были высказаны планы по созданию постоянной базы на естественном спутнике Земли. Помимо этого, встаёт вопрос об увеличении надежности и сроков активного существования космических аппаратов (КА). В связи с этим ставится задача по созданию эффективных средств защиты от космической радиации.

Главным фактором поломок и ошибок в функционировании бортового оборудования КА и сокращения времени активного существования космических аппаратов является потоки электронов, протонов, ионов и других, которые являются частью радиационного космического излучения. Эти факторы сильно снижают время активного существования космических аппаратов, как на орбите Земли, так и за её пределами. При проведении исследований в данной области удалось выявить, что примерно половина ошибок в оборудовании космического аппарата приходится на радиационное воздействие.

Поэтому при разработке космического аппарата, расчёте резистентности к ионизирующему излучению узлов и микросхем КА существенным является математическое моделирование влияния ионизирующих излучений на КА, позволяющее определять с высокой точностью значения поглощенных доз радиации в элементах оборудования на достаточно небольших объемах материала.

При разработке современных космических аппаратов в составе оборудования применяется множество различных сенсоров и приборов, содержащих цифровые микросхемы, а в конструкции космического аппарата используются новые полимерные композиты с микроразмерными наполнителями, многослойные тонкопленочные, конструкции, выполненные в виде сот и другие перспективные материалы и устройства, радиационное воздействие на которые необходимо детально изучить.

В связи с этим с помощью программ, использующих метод Монте-Карло, был выполнен расчёт прохождения заряженных частиц через мишени, состоящие из различных материалов, имитирующие корпус космического аппарата.

Выполненные расчёты показали преимущество рассеивания и поглощения энергий заряженных частиц у мишеней, состоящих из комбинации слоёв различных материалов. Использование многослойных защитных корпусов позволит повысить надёжность, срок активного существования КА, а также уменьшит их массу из-за отпадания необходимости дублирования критически важных систем космического аппарата.

Математические модели неэквидистантного электрохимического формообразования

Чан Н.Т.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Волгин В.М.
ТулГУ, каф. электро- и нанотехнологий
hoaanhhung.tnt.91@gmail.com

При рассмотрении вопроса моделирования электрохимических процессов исследователей часто приходят к выводу, что расчет электрохимических процессов имеют виды моделей гибридного характера, гидродинамических, учитывающих взаимодействия диффузионных, тепловых явлений, электрических. В настоящее время с помощью систем компьютерной подготовки производства решаются все задачи физико-химических процессов при электрохимической обработке.

При неэквидистантном электрохимическом формообразовании (ЭХФ) математические модели основанные на подходах Лагранжа и Эйлера, представляют собой нелинейные дифференциальные уравнения первого порядка.

Модели неэквидистантного ЭХФ можно классифицировать:

- по способу задания обрабатываемой поверхности: параметрический; координатный явный; координатный неявный;
- по используемой системе координат :
  - подход Лагранжа: неподвижная, связанная с заготовкой;
  - подход Эйлера : подвижная, связанная с инструментом.

Возможные сочетания значений этих признаков имеют следующие математические модели:

1. Модели неподвижной системы координат:
   - поверхность в параметрическом описании: $\partial \Gamma / \partial \mathrm{t} = \mathrm{n}\mathrm{V}_{ЭХФ} + V_з$;
   - поверхность в координатном явным описании: $\partial z / \partial t + V_{ЭХФ}(1 + |gradz|^2)^{0.5} - V_з(1 + gradz) = 0$;
   - поверхность в координатном неявным описании: $\partial \Phi / \partial t + V_{ЭХФ}|grad\Phi| - V_з grad\Phi = 0$.
2. Модели системы координат, связанной с инструментом:
   - поверхность в параметрическом описании: $\partial \Gamma / \partial \mathrm{t} = \mathrm{n}\mathrm{V}_{ЭХФ} + V_з + V_и$;
   - поверхность в координатном явным описании: $\partial z / \partial t + V_{ЭХФ}(1 + |gradz|^2)^{0.5} - (V_з + \mathrm{V}_и)(1 + gradz) = 0$;
   - поверхность в координатном неявным описании: $\partial \Phi / \partial t + V_{ЭХФ}|grad\Phi| - (V_з + V_и) grad\Phi = 0$.
3. Модели системы координат, связанной с готовкой:
   - поверхность в параметрическом описании: $\partial \Gamma / \partial \mathrm{t} = \mathrm{n}\mathrm{V}_{ЭХФ}$;
   - поверхность в координатным явным описании: $\partial z / \partial t + V_{ЭХФ}(1 + |gradz|^2)^{0.5} = 0$;
   - поверхность в координатным неявным описании: $\partial \Phi / \partial t + V_{ЭХФ}|grad\Phi| = 0$.

где n - единичный вектор внутренней нормали к поверхности заготовки.

Как видно из вышеперечисленных моделей, наиболее простая математическая модель в системе координат, связанной с заготовкой и в виде описания поверхности - параметрическим. Две модели -параметрическое и координатное явное описание, широко применяются для моделирования эволюции гладких поверхностей без трудностей, вызываемых их численном решением. Третья модель - координатное неявное описание, хотя была формально получена в ряде работ, но не практическо использован, так как отсутствуют подходящие алгоритмы решения.

Структурно-имитационная модель процесса разрушения неоднородной пластины при квазистатическом одноосном растяжении

Шавкун Д.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Зайцев А.В.
ПНИПУ, каф. МКМК
disaa2103@mail.ru

Процессы структурного разрушения неоднородных тел при квазистатическом нагружении имеют многомасштабный и многостадийный характер и являются причиной появления различного рода эффектов неупругого деформирования. Разработана однослойная имитационная модель разрушения тонкой неоднородной пластины, которая представлялась в виде совокупности квадратных элементов структуры, прочно скрепленных на границах раздела и не изменяющих геометрию и взаимное расположение в процессе разрушения.

Прочностные постоянные элементов структуры предполагались случайными, распределенными по закону Вейбулла. В рамках разработанной модели предполагалось, что перераспределение напряжений при повреждении элемента структуры происходило в пределах одного слоя. Нагружения пластины происходило квазистатически, пошагово.

Предполагались справедливыми условия постоянства внешних температур и отсутствие фазовых превращений в процессе нагружения. Влияние боковых внешних границ моделировалось заданием условий периодичности и «отражения».

Выведено выражение, позволяющее определить напряжения в каждом элементе структуры:

$$\sigma_{(kl)} = \lambda_{(kl)} \left\langle \sigma_{(l)} \right\rangle \left[1 + 0{,}5 \frac{N_{D(kl)}}{N_{(kl)} - N_{D(kl)}} + 0{,}25 \left(N_{D(kl)}^{\text{left}} + N_{D(kl)}^{diagonal} + N_{D(kl)}^{\text{right}} + N_{D(kl)}^{\text{rightb}} + N_{D(kl)}^{\text{leftb}} \right) \right]$$

где $\lambda_{(kl)}$ —индикаторная функция, принимающая значения 0 или 1, в зависимости от того, разрушен элемент структуры, размещенный в позиции k слоя l, или способен сопротивляться; $\left\langle \sigma_{(l)} \right\rangle$— средние напряжения в слое l; $N_{(kl)}$ и $N_{D(kl)}$— общее число и количество разрушенных элементов структуры слоя; количество разрушенных элементов относительно рассматриваемого неразрушенного: $N_{D(kl)}^{\text{left}}$ и $N_{D(kl)}^{\text{right}}$— справа и слева, $N_{D(kl)}^{diagonal}$— диагонали, $N_{D(kl)}^{\text{rightb}}$ и $N_{D(kl)}^{\text{leftb}}$— образующих последовательность дефектов слоя l, выходящую на правую и левую боковую границу пластины.

Разработана итерационная процедура пошагового нагружения, имитирующая проведение эксперимента на одноосное растяжение, и алгоритм автоматического выбора шага нагружения, программного реализованные в виде пакета на языке Паскаль. Алгоритм позволил зарегистрировать разрушение минимально возможного количества элементов структуры неоднородной пластины, а также установить закономерности образования и взаимодействия дефектов, которые ни качественно, ни количественно не зависят от шага нагружения. На основе подходов теории перколяции сформулировано условие макроразрушения (появление последовательности во множестве разрушенных элементов, соединяющей левую и правую боковые границы неоднородной пластины) и разработан алгоритм, позволяющий зарегистрировать этот момент при проведении вычислительных экспериментов. Проведено исследование влияния условий на границах пластины и коэффициентов вариации случайных пределов прочности на сценарии зарождения, развития и взаимодействия элементов структуры, потерявших способность сопротивляться внешней нагрузке.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 15–01–08678).

Программно-аппаратная модель передатчика VDL

Шаламова Ю.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Туринцев С.В.
Иркутский филиал МГТУ ГА, каф. АРЭО
shalamova.yulya0815@gmail.com

На сегодняшний день, в рамках развитии авиационной электросвязи,продолжается внедрениетехнологииCNS/ATM, котораяпредполагает, что регулярная связь «воздух–земля» на этапе полета по маршруту будет в основном представлять собой обмен цифровыми данными.

В настоящее время, комиссией по аэронавигационной мобильной связи (AMCP), разработана бит-ориентированная система передачи данных в ОВЧ-диапазоне – цифровая линия передачи данных VDL (VHFDataLink), которая может использовать режимы 2, 3 и 4. VDL имеет усовершенствованную схему модуляции. Режим 2 и 3 используют модуляцию D8PSK, а режим 4 модуляцию GFSK. Режим 2 и 4 используют для передачи данных, а режим 3 позволяет так же передавать речевые сообщения.

Парк воздушных судов, эксплуатируемых в РФ, в основном оборудован аналоговыми системами связи. Для подготовки инженерно-технического состава к эксплуатации цифровых систем связи предлагается разработать программно-аппаратную модель передатчика, формирующего и передающего сигналы, используя систему передачи данныхVDL различных режимов, на базе радиоизмерительного оборудования фирмы NationalInstruments. Фирма NationalInstruments занимает лидирующее положение в области построения модульных измерительных систем.

Программно-аппаратная модель может быть полезна учебным заведениям, осуществляющим обучение студентов по специальности «Техническая эксплуатация транспортного оборудования», а так же инженерно-техническому составу авиакомпаний и позволит решать следующие задачи:

- изучение функционирования системы передачи данныхVDL;
- понимание физических процессов, протекающих в данной системе;
- тестирование цифровых приемных устройств.

Основу программно-аппаратной модели будет составлять платформа NI PXIe-1065, которая может включать в себя до 18 различных измерительных модулей, выбор которых зависит от типа решаемой задачи. Для реализации программно-аппаратной модели передатчика VDL платформа NI PXIe-1065 должна включать в себя следующие измерительные модули:

- векторный генератор ВЧ сигналов NI PXI-5672;
- высокочастотный коммутатор NI PXI-2596;
- накопитель типа RAID-0.

Векторный генератор позволяет формировать сигналы в диапазоне частот 250 кГц – 2,7 ГГц полосой 20Мгц и функционально состоит из двух модулей- модуль повышения частоты NIPXI-5610 и генератора NIPXIe-5442.

Высокочастотный коммутатор NIPXI-2596 обеспечивает возможность подключения к векторному генератору до шести различных антенн (нагрузок).

Накопитель типа RAID-0 включает в себя четыре жестких диска и обеспечивает скорость обращения к ячейкам памяти до 300 Мбит/с. В составе программно-аппаратной модели накопитель решает задачу хранения тестовых воздействий для тестирования цифровых приемников.

Средой разработки программного обеспечения модели передатчика VDL выбрана программа LabVIEW.

Разработка формализованного метода настройки и регулировки РЭА на основе методов теории оптимального эксперимента

Шмакова В.Е.
Научный руководитель – Несмелов В.С.
МТУ
nikatarkovskaya@gmail.com

Точность – один из основных показателей качества продукции в приборостроении, отражающий степень соответствия полученных параметров заданным.

Проблема точности РЭА – это проблема и параметрической надёжности, и долговременной стабильности: чем точнее аппаратура в начальный момент, тем дольше она останется в допуске по выходным параметрам, даже если она и не относиться к классу прецизионной (измерительной) аппаратуры, а тем более если относиться.

Рассматривая промышленную регулировку, можно отметить, что её эффективность (точность настройки и затраченное время) зависят от субъективных факторов – опыта настройщика, его квалификации и состояния в момент выполнения этой работы. При автоматизации работ по сборке РЭС эта операция становиться узким местом, и её пытаются заменить другими, менее эффективными, в смысле обеспечения точности, операциями. Устранить недостатки можно, если формализовать метод регулировки, т.е. сделать его выполняемым по некоторым жестким правилам, на результаты применения

которых, индивидуальные особенности регулировщиков не влияют. Это и позволит автоматизировать и эту операцию.

Так как регулировка – процедура, воспроизводящая некий натурный эксперимент по вполне определенному критерию качества, направление формализации следует искать в теории натурного эксперимента, а конкретнее в его разделе, посвященном теории планирования оптимальных экспериментов.

Формализация процедуры «настройки и регулировки», позволяет выйти на решение проблемы обеспечения точности методами регулировки, лишенными недостатков эвристических методик, применяемых сейчас.

Сегодня при проведении настроечно – регулировочных работ в основном опираются на метод покоординатного спуска.

Данный метод обладает существенными недостатками:

– Успех процедуры зависит от удачного выбора порядка фиксирования (варьирования) факторов.

– Цикл попеременного движения при поиске оптимума может повторяться многократно: «блуждание по лабиринту». Отсюда большие затраты времени.

– Процесс особенно усложняется с ростом числа варьируемых факторов.

Все эти недостатки указывают на то, что данный метод плохо подходит для использования его в автоматизированной процедуре настройки и регулировки.

В качестве более подходящего метода предлагается метод наискорейшего спуска с шагом, длина которого зависит от свойств целевой функции.

Основными достоинствами данного метода можно считать:

– Метод обладает более целеустремлённым характером, что позволяет с более высокой скоростью находить оптимум.

– Метод обладает быстрой сходимостью в области притяжения к экстремуму.

Основным недостатком метода является высокая сложность математических расчетов, но в условиях современного уровня информационных систем, с учётом того, что все итерационные процедуры предписано выполнять ВТ, включенной в состав единого комплекса оборудования автоматизации сборки и настройки, данный недостаток можно считать не существенным.

Предлагаемый формализованный метод настройки можно представить в виде блок-схемы алгоритма для автомата-регулировщика и в виде набора правил для человека-регулировщика.

Разработка методологии экологического мониторинга почвенного покрова с использованием методов нейросетевого моделирования

Шмакова Ю.А.
Научный руководитель – ассистент, к.т.н. Махаметшина Е.С.
КНИТУ-КАИ, каф. МСиПБ
ielnara@mail.ru

Источником исходных данных являлись результаты расчетов содержания металлов в снежном покрове, полученные в результате эксперимента, которые подавались на вход нейросети для расчета концентрации металлов в почвенном покрове и растениях

Цель: создание нейронной сети для прогнозирования уровня металлов в почве и растениях в зависимости от показателей содержания металлов в снежном покрове.

Среди имеющихся данных обнаружены пропущенные данные. Для обработки пропущенных данных применим алгоритм «замена средним».

Архитектура сети формировалась согласно алгоритму редукции с применением модифицированного метода штрафных функций.

Количество входов – 7,

Количество скрытых слоев – 1,

Количество в скрытом слое – 12,

Количество выходов – 15.

Мера Вапника-Червоненкиса для данной сети составила: $84 \leq VC\dim \leq 1320$

Количество обучающих выборок – 235. Среднее значение *VC*dim=

Способность к обобщению оценивается величиной:

Обучение проводилось в два прохода.

Параметры обучения первого прохода:

- Алгоритм обучения – обратное распространение ошибки,
- Количество итераций – 10000
- Параметры обучения второго прохода:
- Алгоритм обучения – метод сопряженных градиентов,
- Количество итераций – 5000.

Обучение и проверка адекватности построенной нейронной сети проводились на экспериментальных данных измеренных значений содержания металлов в почве и растениях, с априорными данными реальных измерений.

Производительность сети: 0,50.

Основные параметры полученных результатов:

1. Минимальное значение ошибки – от 0% (абсолютное значение 0) (для свинца в почве и растениях, кадмия в почве и растениях, меди, никеля, хрома и марганца в растениях), до 0,087% (абсолютное значение 0,29) для железа в растениях.
2. Среднее значение ошибки – от 0,63% (абсолютное значение 2,02) для свинца в растениях до 10,44% (абсолютное значение 3,59) для кобальта в почве.
3. Максимальное значение ошибки – от 21,13% (абсолютное значение 110,79) для никеля в почве до 90,57% (абсолютное значение 494,64) для хрома в почве.
4. Корреляция между экспериментальными и расчетными данными – от 0,18 для хрома в почве до 0,95 для свинца в растениях.
5. Расчетные значения содержания железа в почвенном покрове.

Секция «Проектирование, конструирование и технология производства ЛА»

Пропеллеролёт

Белевцов В.А., Саутенков О.С., Янков В.Н.
Belevtsov1977@mail.ru

Пропеллеролет – новый абсолютно уникальный летательный аппарат. Пропеллеролет сочетает преимущества самолета и вертолета. Он быстрее, маневренней, экономичней, обладает способностью зависать над одной точкой. для взлёта нашему прототипу не требуется взлётная полоса — он просто поднимается вертикально, после чего летит вперёд как самолёт.

Аппарат сочетает в себе соосную продольную схему вертолёта с самолетной схемой летающее крыло. Каждый двигатель имеет возможность вращаться в двух плоскостях, и скрадывать крылья по линии фюзеляжа.

При взлете двигатели расположены параллельно земле, а крылья сложены, что позволяет производить вертикальный взлёт; затем один двигатель разворачивается перпендикулярно земле, а второй прячется в фюзеляж, при этом крылья разворачиваются параллельно земле, после чего пропеллеролёт продолжает полёт как самолёт. При посадке происходит обратный процесс.

На сегодняшний день проект реализован в «металле». В ходе проекта была создана компьютерная модель всех узлов и устройства в целом, написана математическая модель позволяющая отработать алгоритм управления и стабилизации. Был изготовлен полетный контроллер позволяющий учесть кинематические особенности модели для определения пространственного положения модели, а так же контролировать пространство вокруг, позволяя летать в очень сжатых условиях. Так же нами отработан алгоритм управления аппаратом при вертикальном полете позволяющий применять для контроля положения не только поперечный наклон двигателей относительно фюзеляжа, но и продольный,

обеспечивая экономию аккумулятора и повышая маневренность. Летательный аппарат представляет готовую и функционирующую базу, которую можно адаптировать для решения широкого круга прикладных задач.

Полученный летательный аппарат в ходе испытаний показал, что способен пролетать расстояние в 100 км при мощности моторов и емкости аккумулятора приблизительно равной квадрокоптеру, который смог бы пролететь около 30 км. Пропеллеролет способен нести полезную нагрузку в 5 кг при собственном весе в 6 кг.

Пропеллеролет может решать большой спектр прикладных задач где требуется быстрая скорость передвижения в сочетании с возможностью маневрировать в сжатых условиях. Например при тушении производственного здания требуется доставить как можно больше воды как можно быстрее к очагу возгорания. Или например для осмотра железнодорожных путей, трубопроводов, линий электропередач требуется преодолевать большие расстояния с возможностью детального рассмотрения каких-либо узлов вблизи. Мы очень надеемся что придуманный нами ЛА найдет свое применение в современном мире.

Разработка надводно-подводного комплекса на базе беспилотного летательного аппарата

Беляков А.Ю., Бородин И.Д., Коваленко К.А.
МАИ, каф. 608
kirkovalenko@mail.ru

Такой вид авиационной техники, как беспилотный летательный аппарат (БПЛА), существует уже достаточно большой период времени. Однако, очень мало проектов БПЛА, которые могли бы приводняться и проводить подводные исследовательские работы, не говоря уже об опытных образцах или серийном выпуске.

На данный момент нами ведется разработка интеллектуального надводно-подводного исследовательского комплекса на базе БПЛА. Данный аппарат будет иметь возможность совершать полет, приводняться, а также спускать под воду специальную аппаратуру. Таким образом комплекс будет состоять из двух модулей: надводного — приводняющегося носителя (БПЛА), выполненного по схеме квадрокоптера; и подводного — погружаемого модуля, на котором могут быть расположены фото-, видеоаппаратура, различные измерительные датчики, устройства для забора проб воды и т.п.

Основными особенностями комплекса являются наличие воздушного модуля, повышающего мобильность, и наличие интеллектуальной системы, способной действовать в условиях изменяющейся внешней обстановки и адекватно реагировать на различные внешние факторы.

Надводно-подводный комплекс (НПК) предназначен для проведения следующих видов подводных работ:

− картографирование дна с помощью гидролокационных, оптических, электромагнитных и др. методов;

− мониторинг экологического состояния дна и гидросферы с целью выявления очагов загрязнения и их устранения;

− исследование состояния подводной флоры и фауны в интересах народного хозяйства;

− научные исследования;

− поиск и обнаружение затонувших объектов;

− исследование затопленных и полузатопленных объектов;

− обеспечение спасательных работ при ликвидации последствий стихийных бедствий и различных ЧС, связанных с наводнениями;

− обеспечение работ по прокладке подводных коммуникаций (кабелей, трубопроводов, и т.д.);

− обеспечение подводно-технических работ, связанных с ремонтом различных гидротехнических сооружений.

Выбор компоновочной схемы фюзеляжа многофункционального истребителя пятого поколения

Богданов С.О.
Научный руководитель – зам. гл. конструктора ИЦ ОКБ «МиГ» Антонов В.И.
МАИ, каф. 101
bogdanov_sergei_888@mail.ru

В настоящее время всё острее ощущается необходимость в замене истребителей четвёртого поколения типа МиГ-29 самолётами нового поколения. В предварительно выбранной, согласно прототипу, балансировочной нормальной схеме рассматриваем несколько вариантов компоновочной схемы в однодвигательном и двухдвигательном вариантах с геометрическими ограничениями по длине фюзеляжа, эквивалентному диаметру фюзеляжа и его объёму. Главным критерием компоновки является размещение в заданном объёме фюзеляжа отсеков вооружения максимального объёма с условием размещения ракет ближнего радиуса в отдельном отсеке (отсеках). Используя заданные габариты ракет средней и малой дальности формировались габаритные отсеки вооружения применительно к каждой из трёх выбранных компоновок фюзеляжа: двухдвигательная с пакетным расположением двигателей, двухдвигательная с разнесёнными двигателями и однодвигательная с увеличенными габаритами двигателя двойной тяги.

Изменяя форму сечения и пространственное положение воздуховода (воздуховодов), а также положение отсеков вооружения ракет малой и средней дальности была получена рациональная компоновка фюзеляжа истребителя в каждой из схем по заданному критерию.

В дальнейшем был проведён анализ этих трёх схем по следующим дополнительным критериям:

1. технического уровня:
   a. лётно-технические характеристики;
   b. массовые характеристики;
   c. эксплуатационные
2. экономического уровня:
   a. стоимость самолёта;
   b. стоимость самолётовылета;
3. боевого уровня эффективности.

Используя полученные результаты расчётов и исследований, была составлена карта качеств и дана экспертная оценка, которая определила в качестве оптимального варианта компоновку с двумя разнесёнными двигателями.

Беспилотный гидросамолёт для сельского хозяйства

Богданов А.В., Вакульчук В.И., Прудник Д.О.
Научный руководитель – Юрьев А.И.
МАИ, каф. 608
denop95@yandex.ru

Количество озер, рек и подобных водоемов в нашей стране очень велико. В связи с этим нельзя пренебрегать возможностью использования водных ресурсов для решения различного рода задач. Одной из таких задач является развитие в нашей стране сельского хозяйства, которое невозможно без применения летательных аппаратов, в особенности беспилотных (далее БПЛА). Данная отрасль сейчас широко развивается во всем мире, включая Российскую Федерацию. Но, к сожалению, техническое и технологическое развитие в нашей стране не позволяет строить для каждой группировки БПЛА собственные взлетные полосы и пункты обслуживания, что перекладывает решение данных вопросов на потенциальных покупателей этой техники.

Именно поэтому было решено создать беспилотный гидросамолет с возможностью взлета и посадки с водной поверхности. Наша страна является мировым лидером в

проектировании и производстве гидросамолетов (например, БЕ-200ЧС), поэтому, используя опыт наработок в данной области, вполне реально создать такой аппарат.

На данный момент создано несколько аэрогидродинамических схем данного аппарата. Во всех схемах посадка на воду и взлет с нее осуществляется при помощи поплавков, подвешенных на крыльях, и специально профилированного фюзеляжа для меньшего гидродинамического сопротивления. Схемы отличаются лишь расположением органов управления, а также местонахождением двигательной установки.

Дальнейшие численные и экспериментальные расчеты должны выявить оптимальную схему для решения задач взлета и посадки с водной поверхности, а также мониторинга сельскохозяйственных угодий в разных уголках нашей страны (преимущественно, Юг России). Помимо всего прочего, ограничением на решение поставленной задачи являются определенные нашим коллективом тактико-технические требования на данный аппарат, которые можно наблюдать ниже:

Масса не более 10 кг

Размах крыльев не более 2,5 м

Время полета не менее 120 мин

Именно эти требования, которые были выявлены после анализа продукции конкурентов, являются оптимальными для удовлетворительных результатов мониторинговых работ.

Выбор формы поперечных сечений стрингеров крыла самолёта по условиям работы на изгиб

Брагин В.А., Макаров А.С.
Научный руководитель – к.т.н. Сажин А.Н.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 72
vyacheslav.bragin@gmail.com

Решение задачи выбора рациональных конструктивных параметров силовых элементов планера самолета требует удовлетворения требованиям прочности и жесткости с минимальными затратами массы при различном спектре действующих нагрузок и их комбинации. При этом проектировщику приходится рассматривать большое количество альтернативных вариантов с разными силовыми схемами, учитывать различные граничные условия и материалы конструкции.

В работе рассматривается задача выбора форм поперечных сечения стрингеров крыла моноблочного типа при работе на осевые силы, вызванные действием изгибающего момента от воздушной нагрузки. Известно, что в силовых панелях моноблочного крыла стрингеры, подкрепляющие обшивку, являются одним из основных элементов, работающих на изгиб. При этом критерием оценки работоспособности конструкции являются напряжения потери устойчивости при сжатии всей силовой панели.

В качестве вариантов применения подкрепления силовой обшивки моноблочного крыла в работе рассматривались следующие стрингеры:

- открытого профиля типа уголок и уголок с бульбой;
- закрытого поперечного сечения;
- двутаврового поперечного сечения.

При этом толщина обшивки не варьировалась, материал стрингеров с разными формами поперечных сечений одинаков, стрингер рассматривался как многопролетная балка с опорами на нервюрах, во всех случаях рассматривалась распределенная нагрузка по длине стрингера одинаковой интенсивности.

Процесс решения задачи реализовывался с помощью программного комплекса Autodesk Inventor, который позволяет проектировать трехмерные твердотельные модели с последующим параметрическим расчетом напряженно-деформированного состояния конструкции.

Результаты моделирования показали, что у стрингера с уголковым профилем поперечного сечения при изгибе наблюдается выпучивание стенок между опорами на нервюрах и закручивание стержня. Включение в конструкцию стрингера бульбы

позволяет повысить напряжения потери устойчивости, однако устранить закручивание профиля не удается. Это вызвано тем, что центр жесткости сечения не лежит на линии центров масс, по которой направлена действующая осевая сила.

Моделирование работы стрингеров с замкнутым поперечным сечением и двутавровым поперечным сечение на изгиб показала более высокие значения напряжений потери устойчивости, что позволяет сделать вывод о применимости именно таких форм поперечных сечений для подкрепления обшивки моноблочного крыла самолета.

Принцип модульного подхода при проведении электрических испытаний космических аппаратов

Ворошилин А.П., Закиров Э.Р.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Петрашев В.А.
МАИ, каф. ИЛА
ila-mati@yandex.ru

Электрические испытания являются важнейшем завершающем этапом создания космического аппарата, так как на этой стадии подвергаются комплексной проверке (как прямой, так и косвенной) все области его изготовления и функционирования.

Модульный подход к организации испытаний на этапе электрорадиотехнических испытаний (ЭРТИ) позволяет распараллелить процесс комплексных испытаний и максимально упростить процесс электрических стыковок отдельных модулей, что, в конечном счёте, обеспечивает определенный выигрыш по времени.

Следует, обратить внимание, что для обеспечения помодульных испытаний необходимо заранее создать электрические имитаторы (эмуляторы) сопрягаемых модулей.

Идеология проведения электрических испытаний, обеспечивающая параллельную отработку: испытания отдельных приборов (систем), затем нескольких элементов космических аппаратов.

Комплексные электрические испытания по объёму проверок и исходному состоянию космического аппарата делятся на следующие виды (этапы):

- этап электрорадиотехнических испытаний;
- этап предъявительских испытаний;
- этап приёмо-сдаточных испытаний;
- этап предварительных испытаний.

Исходя из модульного принципа, предлагается на начальном этапе ЭРТИ организовать отработку параллельно по следующим направлениям:

- отработка блоков электроавтоматики;
- отработка блоков, определяющих логику функционирования КА;
- отработка системы электроснабжения.

Этап ЭРТИ проводится перед испытаниями штатных образцов космического аппарата на технологических изделиях, предназначенных только для электрорадиотехнических испытаний.

При электрорадиотехнических испытаниях КА ставятся следующие задачи испытаний:

- отработка рабочих мест испытаний (включая рабочие места подготовки, проведения и оценки информации комплексных испытаний, а также технологическое оборудование, участвующее в испытаниях);
- проверка правильности заложенных в технической документации конструкторских и схемных решений;
- отработка взаимодействия контрольно-проверочной и бортовой аппаратуры;
- отработка логики функционирования аппаратуры систем КА и КА в целом;
- отработка программного обеспечения комплексов подготовки, проведения и оценки информации испытаний;
- отработка бортового и испытательного программного обеспечения;
- отработка текстовой технической документации;

- отработка программных средств управления КА при штатной эксплуатации.

По результатам совокупности испытаний выдаётся заключение о готовности космического аппарата к вывозу на полигон запуска и допуске бортовой аппаратуры к лётным испытаниям.

Экспериментальная установка и исследования конструктивных схем заправки жидким азотом малоразмерного бака

Ворошилин А.П., Закиров Э.Р.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Петрашев В.А.
МАИ, каф. ИЛА
ila-mati@yandex.ru

Исследования новых конструктивных схем заправки летательных аппаратов позволяют повысить эффективности системы топливоподачи. Экспериментальный стенд испытаний малоразмерного бака с имитирующим криогенным продуктом (N_2) является наилучшим способом нахождения проблемных участков в системе заправки.

Определение наиболее оптимального способа подачи криогенного топлива в бак, при котором в основных случаях эксплуатации не происходит выброс пара через дренаж, является основной задачей данного стенда.

Использование четырех и более вариантов съемных дополнительных приспособлений и устройств, изготовленных по специальным эскизам позволяет распараллелить процесс испытаний, что позволит уменьшить количество ошибок:

- душевое устройство в виде пяти трубок с отверстиями, подключенных через коллектор к верхней трубе, подающий азот в бак, и поддон, установленный в нижней части бака;
- колено, подключенное к верхней трубе, подающей азот в бак, и поддон, установленный в нижней части бака;
- колено, подключенное к верхней трубе, подающий азот в бак, поддон отсутствует;
- колено, подключенное к нижней трубе, подающий азот в бак, расширено на выходе и снабжено перемычкой в виде кольца, поддон отсутствует.

Испытательный стенд соединяется с баком раздаточным рукавом, который предназначен для передачи жидкого азота в бак и его слива в танк, оставшийся в баке после проведения эксперимента. Также к баку подсоединяются еще две магистрали: дренажный трубопровод и пневмометрический и предохранительный трубопровод.

Измерительная система стенда включает датчики температуры, давления и расхода. Информация от этой системы поступала на ЭВМ. Чтобы определить массу жидкого азота в малоразмерном баке, его подвешивают на двух динамометрах.

На измерительной гребенке установлен датчик измерения абсолютной температуры – термометр сопротивления. Электропитание датчика осуществлялось напряжением 3 В от выпрямителя-стабилизатора.

Перед началом заправки жидким азотом малоразмерный бак находился в одном из трех тепловых состояний: теплый, захоложенный, отепленный из захоложенного состояния в течение двух часов.

Для каждого из четырех указанных конструктивных схема подачи криогенного продукта было проведена 2 опыта с тремя начальными тепловыми состояниями бака с расходами подаваемого азота примерно 12 л/мин и 24 л/мин.

Наиболее оптимальной схемой заправки жидким азотом бака является метод дождевания малоразмерного бака в захоложенном состоянии, так как наблюдается наименьший расход дренажа и более быстрая заправка бака.

Применение данного метода позволяет производить анализ данных расхода дренируемого жидкого азота.

С целью уменьшения расхода криогенного продукта, предлагается изменить теплоизоляцию на вакуумный нанопористый диоксид кремния, который помещается в непроницаемую пленку-оболочку (Al, нержавеющая сталь), воздух из которой

откачивается до 100Па. Тем самым исключаются два механизма теплопередачи: теплопроводность и конвекция. Также применение вакуумной изоляции позволяет уменьшить толщину и вес изоляционного слоя.

Разработка методики предварительного проектирования магистральных пассажирских самолётов интегральных схем

Гаршина А.А., Самарцева А.П.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Волхонский А.Е.
МАИ, каф. ТПЭЛА
samartseva.alex@gmail.com

Одним из возможных путей повышения топливной эффективности и улучшения экологических показателей в современной авиации является создание пассажирских самолетов интегральных конструктивных схем (типа «летающее крыло»).

Данной тематике посвящено большое число теоретических и экспериментальных исследований. Применение данного проектировочного решения позволяет:

- повысить аэродинамические характеристики самолета на ~30%;
- улучшить его массовые характеристики на ~20%.

Интегральная схема позволяет обеспечить для дальних самолетов комфортабельное размещение ~300 (и более) пассажиров, а также другой нагрузки.

В работе рассматривается компоновка планера с консолями обратной стреловидности, которая, согласно исследованиям, проводившимся в ЦАГИ, позволяет с большей уверенностью реализовать преимущества интегральной схемы.

Конструктивные мероприятия, обеспечивающие сопротивление крыла обратной стреловидности дивергенции, включающие в себя применение композиционных материалов с определенной направленностью волокон, успешно апробированы на практике, что дает основания к внедрению крыла обратной стреловидностью в гражданское самолетостроение.

В ходе исследования разработана формализованная методика определения проектных параметров самолета на этапе предварительного проектирования на базе технологий полного электронного определения изделия (в частности, CAD-систем), представлена методология формирования геометрического облика магистральных самолетов интегральных схем в системе пространственного геометрического моделирования. По данной методике произведено сравнение себестоимости пассажирских перевозок исследуемого самолета интегральной схемы и Boeing 787-9 при полной загрузке салонов.

Выявленные преимущества самолетов, выполненных по интегральной схеме, свидетельствуют о необходимости продолжения исследований данного типа компоновок, в том числе с крылом обратной стреловидности.

Влияние дискового крыла на тягу несущего винта

Гасилов М.С., Михайлов Т.С., Юсупов Д.М.
Научный руководитель – к.т.н. Павлов В.В.
КНИТУ-КАИ, каф. ПК
danilka5318@yandex.ru

В настоящее время с развитием новых типов преобразуемых ЛА возникла проблема исследования аэродинамики и динамики несущего винта (НВ) с дисковым крылом (ДК) [1]. Один из ключевых вопросов – влияние ДК на тягу НВ. Иными словами, насколько уменьшится тяга НВ, если в него интегрировать ДК размером в половину его диаметра? Интерес данного вопроса заключается в том, что линейные скорости вблизи оси вращения НВ близки к нулю, и создаваемая тяга данной областью винта очень мала. Для освещения данного вопроса ведутся исследования в области аэродинамики и динамики.

Целью проведенной работы было сравнение тяги для двух конфигураций НВ. Для данного исследования было проведено численное моделирование с использованием CFD (Computational Fluid Dynamics) пакета ANSYS Fluent. Рассматривались две задачи в динамической постановке (функции от времени):

- Задача 1. Моделирование вращения НВ диаметром 3 м с угловой скоростью ω=170 рад/с без набегающего потока (линейная скорость на конце лопасти составила 255 м/с, то есть 0,75 Маха).
- Задача 2. Моделирование вращения НВ диаметром 3 м с интегрированным диском диаметром 1,5 м с угловой скоростью ω=170 рад/с без набегающего потока.
- Построены две неструктурированные полиэдральные расчетные сетки. Параметры расчетных сеток представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры расчетных сеток.

	Сетка для задачи 1	Сетка для задачи 2
Кол-во ячеек	702049	945740
Макс. Ортогональное качество	0,798	0,798
Мин. ортогональное качество	0,202	0,202

В результате 164 часовых расчетов на 40 ядерном кластере с 128 Гб ОЗУ получены значения тяги для обоих винтов, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов.

	Общее промоделированное время, с	Кол-во смоделированных оборотов	Тяга винта, Н
Винт без диска	0,566	15,3	6573,3
Винт с диском	0,625	16,9	5186,3

Проведенное численное CFD моделирование показало, что тяга, создаваемая НВ с интегрированным диском, в среднем на 21,1 % меньше, чем тяга, создаваемая НВ без диска. Это позволяет сделать вывод о целесообразности применения ДК в данном типе ЛА, учитывая тот факт, что обороты НВ с ДК могут быть выше, чем у классического вертолетного НВ, так как лопасть работает лишь на небольших скоростях полета до преобразования в ДК.

О трансформации несущего винта в дисковое крыло

Гасилов М.С., Михайлов Т.С., Юсупов Д.М.
Научный руководитель – к.т.н. Павлов В.В.
КНИТУ-КАИ, каф. ПК
mischa14@mail.ru

Совмещение лучших качеств самолетов и вертолетов в одном летательном аппарате – одна из основных задач современной авиационной индустрии.

Изобретение самолета вертикального взлета и посадки с дисковым крылом позволяет проектировать скоростные летательные аппараты, в том числе и сверхзвуковые, способные взлетать по-вертолетному с любых площадок, позволяя соединить возможности вертолета и самолета, не используя для преобразования дополнительных энергетических устройств, редукторов, трансмиссий, и значительно облегчая штатное крыло самолета [1].

Предлагается математическая модель пространственного движения лопастей дискового крыла преобразуемого в несущий винт, на случай движения летательного аппарата в целом. Описывается колебательный процесс движения лопасти при взмахе и отставании.

Рассматривается пространственное движение лопастей несущего винта в моменты уборки лопастей в дисковое крыло после взлета и выпуска перед вертикальной посадкой, когда появляется движение лопастей по конусной поверхности, определяемой необходимой в данный момент подъемной силой дисколета. Получено общее решение, включающее в себя движение фюзеляжа при воздействии управления.

Разрешающие уравнения строятся методом Лагранжа, где обобщенными перемещениями приняты маховые углы и переменная длина лопасти [2]. Скорости сечений лопасти, определяющие ее кинетическую энергию, записываются дифференцированием вектора, координирующего эти сечения во вращающихся осях. Начальные условия уборки лопасти определяются точно, для чего выполняется предварительный этап расчета по предлагаемой модели несущего винта с лопастями, полностью выпущенными из диска-крыла с соответствующей скоростью вращения и скоростью полета (скоростью ветра) [3].

Полученное решение обобщается на случаи движения летательного аппарата, когда он перемещается в пространстве и вращается относительно своего центра масс.

Предложенный метод определения траектории колебаний лопасти во время ее уборки в диск, с учетом маневров дисколета, позволяет проектировать дисковое крыло с необходимыми коридорами движения лопасти.

В ходе исследования выявлены небольшие перемещения комля лопасти в плоскости вращения и взмаха, что говорит о принципиальной возможности размещения конструктивно-силовой схемы внутри даже небольшого дискового крыла. Это позволяет использовать данную систему при проектировании аппаратов с дисковым крылом различной конструкции.

Исследование бортовых оптико-электронных систем

Голесов М.Д., Крылов А.А.
Научный руководитель – вед.науч. сотрудник, к.т.н. Данышева Н.С.
ГБПОУ СПО КК ОиОЭПиС
ndanysheva@yandex.ru

В летательных аппаратах военной авиации за точность обзора пилотом внешней обстановки, целеуказания, индикации и автоматического сопровождения объектов отвечает нашлемная система индикации. Нашлемная система индикации является неотъемлемой частью бортовых оптико-электронных систем летательных аппаратов (БРЭО). Она проецирует изображение на прозрачный экран шлема (специальные очки), установленный перед глазами пилота. Прозрачность экрана позволяет пилоту как наблюдать внешнюю обстановку, так и отслеживать информацию индицируемую БРЭО.

Нашлемная система позиционирования осуществляет измерение угловых и линейных перемещений шлема оператора в заданной системе координат, направление осей которой совпадает с направлениями строительных осей носителя, а центр привязан к некоторой точке носителя. Вариантов создания нашлемной системы позиционирования достаточно много. Выбор способа построения оптико-электронных нашлемных систем позиционирования зависит от многих факторов: от сферы применения системы, от геометрических параметров кабины оператора, от возможности размещения видеодатчиков [1].

Целью исследований является анализ существующих способов расширения диапазона регистрируемых углов нашлемной системы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– проанализировать назначение и принцип работы нашлемной системы индикации;

– исследовать существующие способы увеличения регистрируемых углов при перемещении шлема;

– провести анализ достоинств и недостатков исследуемых способов.

Увеличить диапазон регистрируемых углов можно несколькими способами:

Во-первых, за счет совершенствования алгоритма обработки информации о координатах реперных точек.

Во-вторых, за счет изменения конструкции нашлемного блока. Среди основных конструкций нашлемного блока выделяют блок с одним видеодатчиком, с двумя видеодатчиками, с двумя светодиодными линейками.

Увеличение количества РИ обеспечивает соответственное увеличение количества троек реперных точек излучателей (элементарных реперных узлов), размещаемых по поверхности ЗШ в плоскостях под различными углами друг к другу. Данный метод позволяет увеличить диапазон углов регистрации положения ЗШ, который теоретически составляет сумму диапазонов углов, обеспечиваемых отдельными простейшими реперными узлами. Но при этом также увеличивается размер нашлемного блока, что, естественно, усложняет эксплуатацию НСЦИ.

В ходе проведения работы исследованы существующие способы расширения диапазона регистрируемых углов нашлемной системы, выявлены их достоинства и недостатки.

Разработка системного комплекса для измерения воздействия двигательной электризации на беспилотный летательный аппарат

Голубович Д.А.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Чермошенцев С.Ф.
КНИТУ-КАИ, каф. САПР
dinar_rr@mail.ru

Накопление статического электричества на летательных аппаратах представляет большую опасность не только с точки зрения возможных пожаров и взрывов. Статическое электричество может быть причиной аномальной работы навигационных и других бортовых систем, чувствительных к действию электромагнитных возмущений и, следовательно, привести к аварии. Современный уровень науки о статической электризации пока не всегда позволяет расчетным путем находить совершенные решения по обеспечению электростатической безопасности летательных аппаратов. Обычный путь решения данной проблемы - это конструирование систем таких аппаратов на основе имеющегося опыта с учетом теоретических рекомендаций и с последующей опытной доводкой.

Целью работы является анализ процесса электризации, обусловленного трением о воздушную среду, беспилотного летательного аппарата из композитного материала.

Предварительно необходимо изучить начальные данные о летательном аппарате: диэлектрическую проницаемость материала фюзеляжа, электрические данные о материале и геометрические параметры.

На первом этапе разработки происходит проектирование имитационной модели процесса двигательной электризации в программном комплексе трехмерного электромагнитного моделирования. Объектом анализа является беспилотный летательный аппарат, выполненный из композитного материала. Основным результатом является численные и графические данные значения уровня образующихся электромагнитных помех на электронном оборудовании и размещённых интерфейсах, установленных на борту летательного аппарата. После проведения моделирования анализируются критические точки образования электромагнитного поля, влияющего на работоспособность летательного аппарата и выявляются места скопления заряда, на фюзеляже летательного аппарата.

На втором этапе на беспилотный летательный аппарат устанавливается система датчиков. Датчики устанавливаются на фюзеляж летательного аппарата, в предполагаемые места наибольшего скопления заряда, по данным, полученным из проведённого ранее моделирования. Измерения могут проходить как при полёте летательного аппарата, так и при испытаниях в аэродинамической трубе. Значения с датчиков передаются в центральное вычислительное устройство, расположенное на борту летательного аппарата. Полученные данные могут сохранятся на внутреннем накопителе, а также могут в реальном времени передаваться на пульт оператора беспилотного летательного аппарата.

Информация, полученная на данных этапах может быть использована для разработки рекомендаций по уменьшению электромагнитных помех, а именно: небольшие изменения матрицы композитного материала, внедрение проводящих слоёв в структуру

композитного материала, необходимость дополнительного экранирования интерфейсов беспилотного летательного аппарата, схема расположения блоков электрооборудования, и других параметров.

При помощи данной разработки возможно проведение подробного анализа воздействия, а также проверка способов минимизации негативного воздействия. Благодаря разработке данной системы у предприятий появится возможность проверки своих разработок на масштабных моделях, не проводя полноценных испытаний, что в конечном итоге снизит стоимость разработки беспилотных летательных аппаратов.

Применение аддитивных технологий в аэродинамических моделях

Григорьев И.В., Шардин А.О.
ФГУП ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского
mailhereig@gmail.com

В докладе рассматривается практика использования деталей, изготовленных с применением аддитивных технологий (АТ), в конструкции аэродинамических моделей, на примере мотогондол двигателя ПД-14 моделей магистрального самолёта для испытаний в АДТ-128 и АДТ-103 ЦАГИ.

Для модели в АДТ-128 изготавливались металлические хвостовые обечайки мотогондол. В процессе проектирования возникла необходимость изменения исходной геометрии для преодоления ряда технологических ограничений накладываемых процессом АТ. Изменения исходных аэродинамических обводов производились по согласованию с заказчиком. Также были отработаны несколько конфигураций конструкции с целью отработки технологичности последующих операций. Изготовление производилось на установке СЛС НПК.

Для модели в АДТ-103 были изготовлены мотогондолы в интегральной конструкции из фотополимерного материала. Как и в предыдущем примере, осуществлялась модификация исходных аэродинамических обводов. Но в данном примере приоритетным являлось обеспечение прочности тонких стенок, а не преодоление технологических ограничений.

Процессы АТ позволяют получать детали сложной конфигурации с полостями и тонкими стенками в интегральной конструкции без сборки; и, в ряде случаев, в гораздо меньшие сроки в сравнении с традиционными методами механообработки. Однако имеется необходимость адаптации конструкции и отработки процесса АТ для конкретной детали.

Опыт использования программы AMESIM при разработке систем ЛА

Гусаркин С.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Скиданов С.Н.
МАИ, каф. 103
gusarkin.sergei@yandex.ru

Современный летательный аппарат, представляет собой сложный технический объект, в котором комплексно обеспечивается взаимодействие между механическими, гидравлическими, пневматическими, тепловыми, электронными системами и компонентами. С целью обеспечения работоспособности взаимодействия между этими системами, проводятся испытания на опытных образцах данного ЛА, в результате чего значительно повышается стоимость разработки аппарата.

Производительность современных ЭВМ позволила крупнейшим авиастроительным корпорациям, таким как Airbus, Boeing и др., активно развивать концепцию «виртуального самолёта». Такая концепция заключается в создании математических моделей систем самолёта, интегрированных в единой программной оболочке, и составляющих одно целое. Реализация данной концепции позволяет до начала испытаний оценить работоспособность систем самолёта, их взаимное влияние друг на друга, выявить возникающие проблемы, устранить их и скорректировать программу испытаний, в результате чего значительно снижаются стоимость и время разработки и проектирования ЛА.

В настоящее время, в России наблюдается интерес к данной концепции, и для эффективной конкуренции с зарубежными авиапроизводителями некоторые отечественные фирмы уже работают с пакетами программ, обеспечивающими реализацию концепции «виртуальный самолёт».

Одним из таких пакетов программ является программный продукт AMESim компании Siemens. Программа AMEsim представляет собой платформу одномерного моделирования, которая объединяет множество физических дисциплин в едином процессе моделирования. Программа AMEsim достаточно точно предсказывает комплексное функционирование различных систем, позволяя быстро наладить их взаимодействие. Специализированные библиотеки и прикладные программы позволяют выполнять многодисциплинарное моделирование поведения конкретных подсистем. Также в программе AMESim присутствуют мощные инструменты анализа, позволяющие легко рассматривать расчетные данные, выводимые системой, и сразу делать необходимые выводы.

Это дает возможность конструкторам и инженерам тщательно сбалансировать характеристики сложного изделия в различных физических областях задолго до начала дорогостоящих испытаний опытных образцов.

В работе показаны математические модели, имитирующие системы современного пассажирского самолета. В частности, приводятся данные об элементах гидравлической системы и воздушно-тепловой противообледенительной системы. Также проведено сравнение результатов работы математических моделей и реальных систем, установленных на самолете. Погрешность результатов математической модели относительно результатов реальной системы не превысила 5%.

Технология изготовления трубопроводов летательных аппаратов

Дурдыев М.Х.
Научный руководитель – доцент, Астапов В.Ю.
МАИ, каф. ТПЛА
19mekan93@gmail.com

Высокие летно-технические характеристики современных летательных аппаратов определяются в значительной степени оснащением их мощными высокоэффективными и надежными двигательными установками.

Двигатели предназначены для преобразования какого-либо вида энергии в механическую. В большинстве применяемых в настоящее время двигателей летательных аппаратов используется химическая энергия жидкого топлива. Подача жидких компонентов топлива в двигатель может осуществляться только при помощи трубопроводов. Поэтому достижения отечественного авиа и ракетостроения во многом зависели и зависят от успехов в создании и совершенствовании трубопроводных систем. В настоящее время в России разработаны и проверены на практике передовые методы расчета и проектирования различных аппаратов, отработана передовая технология, позволяющая изготавливать системы малой массы с большой точностью и высокой надежностью.

Производство летательных аппаратов является сравнительно молодой отраслью машиностроения; первые авиационные предприятия появились в России в 1909 — 1911 гг. Строительство первых цельнометаллических самолетов конструкции А.Н. Туполева потребовало разработки и освоения новых технологических процессов, нового оборудования и подготовки рабочих новых специальностей. В 30-е годы были созданы авиационные заводы, оснащенные специфическим для авиационной промышленности оборудованиями и инструментами, позволившими значительно усовершенствовать технологические процессы. Широкое внедрение механизации технологических процессов, подготовка квалифицированных кадров способствовали увеличению выпуска самолетов, которые к концу 50-х годов равнялось 10 тыс. самолетов в год.

В отличие от авиационных, трубопроводные системы ракет и космических аппаратов должны функционировать в более тяжелых условиях, вследствие

использования высоко агрессивных жидкостей, находящихся при высоких давлениях и температурах. Особенностью технологии производства летательных аппаратов является внедрение новейших достижений науки и техники, так, как только это позволяет успешно решать возникающие труднейшие задачи. Так, уже при создании первых ЖРД под руководством академика В.П. Глушко в 1934 — 1938 гг. большое внимание уделялось вопросам, связанным с использованием перспективных материалов — коррозионностойких и жаропрочных сталей, алюминиевых сплавов и др. Внедрялись новые методы сварки и пайки; достигалось повышение срока службы различных деталей путем хромирования изнашиваемых поверхностей.

Чем большую скорость имеет летательный аппарат, тем больше сила сопротивления воздуха, а значит, тем больше должна быть мощность его двигателя, больше тяга его силовой установки. Увеличение мощности двигателей, и как следствие, повышения производительности их агрегатов, увеличение давления рабочими жидкостей, ужесточение температурного режима и т.д. — все это ставит трубопроводы в более тяжелые условия использования, повышает требования к их надежности.

Особо жесткие требования предъявляются к топливным системам летательных аппаратов в отношении надежности, живучести, пожарной безопасности, весовых и габаритных характеристик, простоты конструкции, ремонтопригодности и эксплуатационной технологичности. В связи с усложнением современных конструкций трубопроводных систем летательных аппаратов, особое значение для обеспечения их надежности и ресурса приобретает качество сборки гидравлических и пневматических коммуникаций.

Проектирование динамически подобных аэродинамических моделей для проведения экспериментальных исследований нестационарных характеристик

Дюг А.Ю., Юстус А.А.
ФГУП ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского
dm9204r@mail.ru

Проведение экспериментальных исследований нестационарных аэродинамических характеристик является одним из важных этапов разработки летательного аппарата. Необходимость определяется, прежде всего, обеспечением безопасности полета самолета, особенно на режимах сваливания и штопора. Это актуально как для гражданских самолетов, так и маневренных ЛА.

К моделям, предназначенным для испытаний на динамических установках, предъявляются строгие требования по массово-инерционным и прочностным характеристикам. Модель должна обладать повышенной прочностью для восприятия не только аэродинамических нагрузок, но и нагрузок возникающих в результате ее колебаний. В то же время модель должна иметь малую массу, не более 10 - 12 кг. Ограничение массы изделия влечет за собой ряд конструктивных решений, таких как применение тонкостенных деталей, алюминиевых сплавов и полимерных материалов. Наряду с традиционными технологиями, получили распространение лазерное селективное спекание металлических порошковых материалов и лазерная стереолитография. С их использованием изготавливаются детали сложной формы, такие как мотогондолы, пилоны, элементы механизации, зализы и обтекатели.

Для получения достоверных результатов испытаний, центр масс модели должен располагаться в поле допустимых отклонений от оси колебания установки. Приведение центра масс в нужное положение осуществляется системой балансировочных грузов.

Термобарьерное покрытие в конструкции моделей ГЛА в Т-131

Жирихин К.В., Кажичкин С.В., Царёва И.Н.
ФГУП ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского
ИПМ РАН
kirill.zhirikhin@tsagi.ru

Для проектирования и изготовления моделей летательных аппаратов, подвергающихся действию высоких температур порядка 2000K, одной из основных задач является оптимальный выбор материала конструкции и способов защиты от высоких температур.

Критериями выбора материала являются общий вес конструкции, доступность материала, необходимые прочностные характеристики и способность выдерживать высокие температуры на протяжении всего эксперимента. При этом, так как предельная температура плавления доступных материалов остаётся недостаточной для применения в зонах подверженных максимальной температуре, таких как кромки носовой части аппарата, нижняя поверхность или передние кромки оперения, возникает вопрос об использовании термобарьерного жаростойкого покрытия на внешней поверхности модели. Оно должно обеспечивать поглощение и отвод значительной части теплового потока от защищаемой поверхности. Было принято решение о реализации многослойного покрытия диоксидом циркония.

Для определения достаточной толщины и температурных характеристик многослойного покрытия диоксида циркония в условиях приближённых к натурным, было принято решение изготовить и испытать образцы материалов с покрытием в аэродинамической установке Т-131 ЦАГИ. Для испытаний были изготовлены 4 пластины из материала ВТ-20 и 2 пластины сплава меди М1. Для исследования образцов, был спроектирован и изготовлен экспериментальный отсек для размещения в установке Т-131. В докладе рассматриваются результаты проведённых исследований образцов из титана и меди с термобарьерным покрытием на основе диоксида циркония в аэродинамической установке Т-131 и приводится анализ полученных результатов.

Предельные возможности обжима осевым усилием при изготовлении тонкостенных деталей переменного сечения

Занина К.О., Шишкин А.А.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Лагуткин М.Г.
МАИ каф. АОиАТП
zanina_klavdiya@mail.ru

Развитие композиционных материалов на основе высокопрочных и высокомодульных волокон привело к распространению облегченных сосудов высокого давления, которые все больше применяются в авиационной и космической технике. В мировой практике успешно применяются металлокомпозитные сосуды давления, состоящие из тонкостенной бесшовной алюминиевой гермооболочки (лейнера) и силовой композитной намотки.

В известных баллонах давления, как правило, лейнер изготавливается методом ротационного обжима глубокого стакана или концов трубной заготовки, который требует специального дорогостоящего оборудования. Альтернативой является метод обжима осевым усилием по жесткой матрице с переменным нагревом, который может быть реализован на гидравлическом прессе. Суть метода заключается в проталкивании цилиндрической заготовки в воронкообразную формообразующую матрицу, при этом в очаге деформации создается перепад температур, распределенный пропорционально увеличению степени деформации заготовки.

Для данного процесса основным ограничивающим фактором является окружная потеря устойчивости, свойственная относительно тонкостенным заготовкам. В настоящее время в качестве критерия оценки степени деформации принято использовать отношение исходного и конечного диаметров заготовки, в связи с чем, считается, что для заготовок с

отношением толщины стенки к диаметру более 3 % возможности процесса обжима с нагревом практически не ограничены, т.к. возможно достижение смыкания кромок. Однако при изготовлении сосуда давления помимо образования днища требуется формирование полюсного цилиндрического выступа для изготовления горловины.

Существенным здесь является выраженная неравномерность набора толщины в осевом сечении детали, что приводит к образованию участка с недостаточной толщиной стенки. При этом с ростом длины цилиндрического выступа происходит интенсивный набор толщины материала, что приводит к росту меридиональных напряжений, которые могут привести к осевой потере устойчивости заготовки.

В настоящей работе рассматриваются предельные возможности процесса обжима с переменным нагревом при изготовлении лейнеров облегченных металлокомпозитных баллонов. При этом требуется одновременно получить минимальную толщину стенки лейнера и достаточное количество металла для изготовления узла герметизации горловины. Относительно возможности изготовления горловины лейнер можно рассматривать как деталь переменного сечения с большой степенью деформации. Установлено, что при больших отношениях исходного и конечного диаметров максимально достижимая высота цилиндрического выступа ограничивается осевой устойчивостью передающей зоны и зависит как от коэффициента обжима, так и от толщины стенки исходной заготовки.

Анализ глобальных прогнозов авиастроительных корпораций на ближайшие 20 лет и выявление перспективных обликов пассажирских самолетов

Зиновьев Я.В.
Научный руководитель – Фирсов Л.Л.
МАИ, каф. 101
iw.zinoviev@yandex.ru

По данным International Air Transport Association пассажиропоток продолжает показывать устойчивый рост. Общий пассажиропоток в мире продолжит расти с темпами порядка 4,8% в год в ближайшие 20 лет. В 2015 годуколичество используемых пассажирских самолетов составляет 22500, к 2035 году, по усредненным данным прогнозовосновных авиапроизводителей, 17000 самолетов утилизируют и 39000 новых самолетов поступят в авиакомпании. Общее количество пассажирских самолетов составит примерно 45000.Так же наблюдается тенденция по изменению распределения пассажиропотоков по регионам. В 1995 году авиакомпаниями в Европе и Северной Америке обеспечено 64% общемировых перевозок, к 2035 году по прогнозам основных игроков рынка это доля сократится примерно до 37%.

На 2015 год загруженность использования воздушного парка авиакомпаниями составила 80%, что позволяет прогнозировать рост продаж новых самолетов. Смещение трафика и развитие различных моделей авиаперевозок приводит к созданию новых ниш для самолетов различной размерности.

Целью данной работы является определение характеристик пассажировместимости и дальности перспективных гражданских самолетов и необходимые сроки начала их поставок авиакомпаниям.

Для определения возможных вариантов перспективных самолетов гражданской авиации был проведен анализ прогнозов необходимого количества новых самолетов, двигателей, динамики развития пассажиропотоков в различных регионах и уровень производственных мощностей основных производителей авиационной техники. Данное комплексное сравнение позволяет оценить ниши с минимальными уровнями конкуренции и определить примерный уровень поставок самолетов с заданными характеристиками.

В данной работебыли проанализированы прогнозы на ближайшие 20 лет лидирующих авиастроительных корпораций и прогнозы независимых консалтинговых компаний. Различие в данных прогнозах достигает 20%, поэтому в качестве целевых показателей были взяты осредненные данные по этим прогнозам. Анализ проводился по таким параметрам как: необходимое количество новых самолетов, наиболее

востребованные модификации воздушных судов, глобальный пассажиропоток, изменения трафика по регионам. Оценка существующих темпов производства проводилась по основным производителям самолетов - Boeing, Airbus, ATR, Bombardier, Sukhoi, Embraer.

Особенности программы аттестации установки для оценки параметров датчиков температур

Зубова Д.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Зинин А.В.
МАИ, каф. ММиК
zubova.darya94@mail.ru

Развитие авиации, её качественное изменение, новые требования к безопасности полетов привели к необходимости многостороннего контроля за всеми системами самолета, в первую очередь теплового режима авиационного двигателя, оказывающего решающее влияние на безопасность полётов и ресурс его работы.

В современном авиадвигателестроении требуется достижения всё более высоких температур и скоростей потока, при этом увеличиваются систематические ошибки определения температуры контактными датчиками температуры. Конструктивные особенности авиационных термодатчиков, а также условия среды, в которой они работают, влекут за собой появление новых факторов, оказывающих влияние на точность показаний. В данном случае требуется учитывать размеры, расположение отверстий в датчике температуры, и параметры газовой среды, такие как температура, плотность и скорость воздушного потока. Таким образом всё более важным становится учёт скоростных и динамических поправок при определении истинных значений температуры.

Для введения этих поправок нужно знать показатель тепловой инерции и коэффициент неполноты торможения потока контактных датчиков температуры, которые принимаются как индивидуальные для каждого типа датчика. Эти характеристики сложно оценить аналитически, поэтому их определяют в ходе испытаний.

Для реализации этих задач были созданы специальные установки и стали проводиться исследования по определению скоростных и динамических характеристик датчиков. В частности, в ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» была смонтирована уникальная установка УВ-010. Ряд исследований, проведенных на этой установке, позволил существенно сократить погрешность измерений температуры.

Дальнейшая модернизация установки УВ-010 потребовала провести повторную аттестацию на соответствие норм эксплуатационной и нормативной годности. Целью аттестации испытательного оборудования является определение нормированных точностных характеристик оборудования и установление пригодности этого оборудования к эксплуатации. Для этого была разработана программа и методика в соответствии с действующими стандартами по аттестации испытательного оборудования.

На основании этих документов был выполнен комплекс мероприятий по определению скоростных, температурных и механических характеристик установки, их воспроизводимость и величина отклонения от заданных параметров. Полученные в результате аттестации значения характеристик установки, соответствующие требованиям методики, а также полный комплект нормативно-технической и эксплуатационной документации позволили считать установку УВ-010 аттестованной.

Применение гибких производственных систем в авиационной промышленности

Казанцев В.В.
Научный руководитель – к.т.н. Юргенсон С.А.,
МАИ, каф. 101
norfolk2013@ya.ru

Цель создания нового или модернизации имеющегося производства - оптимизация его функционала и повышение эффективности, достигается путём принятия тех или иных технологических решений.

Постоянно возрастают наукоёмкость изделий общего машиностроения, что повышает трудоёмкость их изготовления. В российской авиационной промышленности производство авиационной техники носит мелкосерийный характер, поэтому часть производственных мощностей имеет определённую недозагрузку. В связи с достаточно большим спектром типов производимых воздушных судов и их низкой серийностью одним из вариантов повышения загрузки оборудования является внедрения моделей гибких производственных систем (ГПС) в авиационной отрасли.

ГПС, согласно ГОСТ 26228–90, это совокупность технологического оборудования, состоящего из разных сочетаний гибких производственных модулей и гибких производственных ячеек, автоматизированной системы технологической подготовки производства и системы обеспечения функционирования, обладающая свойством автоматизированной переналадки при изменении программы производства изделий, разновидности которых ограничены технологическими возможностями оборудования.

ГПС предусматривает автоматизированный переход с одного типа продукции на другой в рамках одной номенклатуры, поэтому построение ГПС наиболее эффективно выполнять с учетом особенностей производственных процессов и рассматривать ее в рамках конкретного цеха. В связи с большим потребным объемом автоматизации производственных процессов переход на ГПС сопровождается широким применением цифровых технологий на всех этапах разработки, подготовки производства и изготовления авиационной техники.

ГПС требует огромных инвестиций на производство, однако она повышает эффективность производства, то есть позволяет выпускать изделия данной номенклатуры в кратчайшие сроки, а также оптимизирует технологические процессы по себестоимости, производительности и другим критериям и позволяет максимально эффективно использовать имеющиеся ресурсы.

В данной работе проведено сравнение существующих моделей ГПС и анализ целесообразности применения ГПС в различных группах технологических процессов производства авиационной техники. Проведён анализ структуры существующего авиационного завода с целью выяснить в какие технологические процессы целесообразно внедрять ГПС. Так как затраты на создание ГПС достаточно высокие, то имеет смысл рассматривать внедрение ГПС в качестве комплекса мероприятий для всех производственных площадок авиационной промышленности, с целью оптимизации загрузки отдельных производств.

Актуальность самолета со съемной модульной частью фюзеляжа

Кипиченко Д.О.
МАИ, каф. 101
egoimper@mail.ru

Региональные самолёты со съёмной частью фюзеляжа – перспективное направление, направленное на уменьшение интервала между взлётом и посадкой, что приводит к увеличению прибыли авиакомпаний за определённый промежуток времени, и на уменьшение затрат на осуществление обслуживания. Кроме того, растворяется грань между перевозками грузов и пассажиров: на самолёте можно перевозить как съёмные части грузового, так и пассажирского назначения, в силу их идентичности. В данной работе представлен проект регионального самолёта со съёмной частью фюзеляжа, где даётся обоснование эффективности и актуальности подобного самолёта.

Авиакомпании, как и любые другие компании, стараются уменьшить расходы и увеличить доходы: авиационные предприятия для этого пытаются уменьшить массу самолёта. Предлагаемая схема позволяет весьма существенно сократить время и расходы на обслуживание, так как сама конструкция такого самолёта предполагает отказ от трапов, тягачей и многих других услуг, предоставляемых аэропортом.

Основными проблемами является увеличенная масса самолёта и тот факт, что прибыль станет ощутимой только при большом количестве используемых самолётов.

Данный тип самолётов должен прийти на смену классическим региональным самолётам. К тому же, данная идея не требует технологий, для реализации которых требуется изменить весь существующий технический ландшафт.

Автоматизация определения аэродинамических нагрузок на крыло самолёта методами математического моделирования

Климов Е.А., Мендес Сото М.А.
Научный руководитель – Лукьянов О.Е.
Самарский университет, каф. КиПЛА
wenzelw@yandex.ru

Процесс проектирования конструкции крыла летательного аппарата требует определения нагрузок и внутренних силовых факторов (ВСФ), которые определяют параметры конструкции крыла. На этапах предварительного проектирования имеется потребность уточнения характера распределения нагрузок на крыло, что существенным образом оказывает влияние на ВСФ и массу крыла.

Для уточнения параметров конструкции крыла была разработана компьютерная программа, с помощью которой можно определять нагрузки, действующие на крыло в зависимости от его геометрических параметров, таких как размах, удлинение, сужение, толщина и кривизна профиля, аэродинамическая и геометрическая крутка. Кроме того, производится учёт влияния прочих агрегатов летательного аппарата на его аэродинамические характеристики.

Определение аэродинамических нагрузок на крыло самолёта произведено методом дискретных вихрей (МДВ). Для этого разработана программа на языке Matlab.

С помощью МДВ можно получить распределение сил по контрольным точкам, расположенных на плоскости вихревой модели крыла. Для пересчёта дискретных сил разработана подпрограмма, позволяющая переводить распределение сил по площади крыла в распределение сил по размаху крыла, а также в распределение погонной нагрузки по размаху крыла, изменяющейся по закону циркуляции, полученного из решения задачи по МДВ. Кроме того имеется возможность вычисления закона изменения внутренних силовых факторов по размаху крыла (перерезывающая сила, изгибающий момент, крутящий момент), необходимых для проведения проектировочных расчётов конструкции крыла. Программа позволяет проводить учёт разгрузки крыла двигателями и топливом.

В блоке расчёта аэродинамических характеристик крыла по МДВ используется модель крыла, образованная вихревой системой с П-образными вихрями. Сопротивление определяется на бесконечно удаленной плоскости Трефтца.

В результате программа позволяет рассчитывать распределённые и интегральные аэродинамические характеристики крыльев сложной формы в плане с возможностью изменения основных геометрических параметров за сравнительно малое время с достаточно высокой точностью.

Анализ возможностей создания мультироторной платформы с гибридной силовой установкой

Климов И.С., Малкова Е.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Чемоданов В.Б.
МАИ, каф. 301
Klimuch_98@mail.ru

В данной работе рассматриваются вопросы создания беспилотного летательного аппарата по типу мультироторной платформы с использованием двух типов источников энергии для дальнейшего её преобразования в крутящий момент.

В связи с развитием микропроцессорной техникой, развитием батарей аккумуляторного типа, широким использованием композитных материалов становится более популярным такой летательный аппарат, как мультикоптер. Мультикоптер — это летательный аппарат построенный по вертолётной схеме с тремя и более несущими винтами. Одним из его преимуществ является простота конструкции (отсутствует автомат

перекоса, отклоняющиеся рулевые поверхности), что делает его проще в обслуживании [1].

Но у данного вида летательного аппарата есть и свои недостатки. Время полёта этих устройств, в среднем, составляет 15-30 минут полёта средней активности. На мультикоптерах обычно устанавливаются литий-полимерные батареи, которые имеют максимальную плотность энергии на единицу объема и массы. Но в настоящее время технология создания аккумуляторов этого типа достигла пика своего совершенства [2].

Проанализировав различные виды источников энергии было решено создать экспериментальную модель октокоптера(разновидность мультикоптера с 8 несущими винтами) с гибридным источником энергии. Было решено использовать бензиновый двигатель для создания 80% тяги, которой хватит на отрыв от земли летального аппарата и дальнейшего полёта. Крутящий момент от этого двигателя посредством шкивов передаётся на оси, на которых закреплены воздушные винты. Для маневрирования используются бесколлекторные электродвигатели, питающиеся от литий полимерного аккумулятора, для создания 20% тяги, используемой для стабилизации и совершения маневров.

Таким образом, эффективность летального аппарата по сравнению с ближайшими аналогами. Например, немецкая разработка квадрокоптер Yeair использует по два мотора на каждый несущий винт: бензиновый для создания основной тяги и электрический для ускорения или притормаживания мотора первого типа [3]. Недостаток данного подхода является в том, что при замедлении скорости вращения бензинового двигателя теряется полезная энергия. В нашей разработке этот недостаток учтён и используется максимальная доступная энергия гибридной системы питания.

Тяжелая авиационная транспортная система на криогенном топливе

Крутов А.А., Пигусов Е.А.
ФГУП «ЦАГИ»
pigusoff@gmail.com

В настоящее время более 90% товаров, доставляемых на дальние расстояния, перевозятся морем. Морские грузовые перевозки недороги, однако имеют значительные недостатки. Наиболее существенный из них – большая продолжительность транспортировки (низкая скорость судов-контейнеровозов, зависимость от погодных условий), что тормозит глобальную цепь поставок. Важной проблемой также является большой уровень загрязнений от морских судов-контейнеровозов.

Таким образом, существует необходимость в транспортном средстве, позволяющем осуществлять скоростную перевозку грузов (в особенности больших партий высокотехнологичных товаров), обеспечивая преимущество по скорости доставки в сравнении с морскими контейнерными перевозками.

В качестве возможного решения данной задачи предлагается концепция тяжелой авиационной транспортной системы (ТАТС) для трансокеанских контейнерных перевозок.

Центральный элемент концепции ТАТС – сверхтяжелый транспортный летательный аппарат на криогенном топливе, предназначенный для перевозки грузов в 20-футовых контейнерах на дальности 6000–11000 км. Предполагается, что наиболее эффективно использовать данный ЛА для доставки часто обновляемых моделей высокотехнологичных товаров, обладающих высокой стоимостью при относительно малой удельной плотности. Использование криогенного топлива позволит значительно снизить вредные выбросы в атмосферу.

В рамках ТАТС предлагается исследовать два варианта сверхтяжелых транспортных ЛА. Первый вариант представляет собой экранолет-контейнеровоз наземного базирования с грузоподъемностью 48 20-футовых контейнеров (500 тонн), второй вариант – трехфюзеляжный самолет-контейнеровоз с коммерческой нагрузкой 108 контейнеров (1200 тонн). Предполагается, что экраноплан-контейнеровоз будет использовать в качестве топлива СПГ (широко распространен и доступен на основных транспортных маршрутах) и сможет базироваться на существующих взлетно-посадочных

полосах. Трехфюзеляжный самолет-контейнеровоз также будет использовать СПГ в ближней перспективе, а в дальнейшем предполагается переход на криогенный водород, что радикально уменьшит вредные выбросы в атмосферу. На ЛА ТАТС предполагается использование вкладных топливных баков, что позволит, с одной стороны, проводить регламентные работы с баком вне ЛА, а с другой – применять в ближней перспективе СПГ с последующим переходом на криогенный водород (при соответствующем переоборудовании топливной системы), без существенных изменений в конструкции планера ЛА.

Разработка ТАТС позволит не только вывести контейнерные перевозки на новый уровень эффективности, но также даст толчок для развития и внедрения перспективных технологий.

Полученные результаты предварительных концептуальных исследований говорят о возможности продолжения развития данной тематики с целью подтверждения заявленных характеристик ТАТС.

Анализ перспективных биоразлагаемых СОТС для лезвийной обработки

Кудрявцева В.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Сутягин А.Н.
РГАТУ им. П.А. Соловьева, каф. ТАДиОМ
kudryavtseva_vi@inbox.ru

Механическая обработка является наиболее распространенным процессом изготовления деталей во всех отраслях промышленности, включающим в себя удаление материала с заготовки для достижения требуемой формы в соответствии с конструкторской документацией.

Технологические операции, связанные с лезвийной обработкой, обычно требуют применения смазочно-охлаждающего технологического средства, которое оказывает прямое воздействие на окружающую среду. При этом во многих странах «отработанные» жидкости классифицируются как токсичные или опасные отходы.

Использование смазочно-охлаждающего технологического средства необходимо, чтобы предотвратить схватывание на границе раздела инструмент - заготовка, уменьшить износ инструмента или контролировать термическую деформацию заготовки.

Трение между режущим инструментом и обрабатываемой заготовкой является обычным явлением в механической обработке; оно отвечает за генерацию тепла, что значительно снижает точность размеров и качество поверхности, увеличивает шероховатость поверхности и сокращает срок службы инструмента. Функцией смазочно-охлаждающего технологического средства является смазка и охлаждения инструмента и обрабатываемой заготовки, удаление стружки из зоны обработки, уменьшение трения между режущим инструментом и обрабатываемой заготовкой, увеличение срока службы инструмента, защита от коррозии, повышение качества конечного продукта, повышение эффективности процесса лезвийной обработки и снижение не только силы резания, действующей на заготовку, но и деформации заготовки.

Основу смазочно-охлаждающих технологических средств составляют: минеральное масло, эмульгаторы, поверхностно-активные вещества, ингибиторы коррозии, антифрикционное, противозадирные и противоизносные присадки, ингибиторы пенообразования и т. д. Из-за такого сложного состава смазочно-охлаждающие технологические средства очень токсичны. Если их утилизировать неправильно, они могут загрязнять воздух, почву и воду, наносят серьезный ущерб экосистемам по всему миру. По этой причине утилизация или повторное использование отработанных смазочно-охлаждающих технологических средств представляют реальную проблему.

Решением такой проблемы является использование безопасных и биологически разлагаемых смазочно-охлаждающих технологических средств, основу которых составляют растительные масла. При этом принципы работы таких средств будут сильно отличаться от традиционных методов охлаждения. Например, смазочно-охлаждающие технологические средства, произведенные из рапсового масла, покрывают режущий

инструмент микроскопической пленкой, которая практически полностью расходуется на поглощение тепла, выделяющегося в процессе лезвийной обработки. При этом не образуется ни запахов, ни испарений. Вследствие того, что используемый смазочный материал практически полностью поглощается в процессе обработки, единственные масляные отходы такого производства - незначительное количество смазочно-охлаждающего технологического средства на стружке. Другие преимущества заключаются в отсутствии загрязнения, отсутствии роста бактерий, отсутствии распространения ржавчины, чистота рабочего места, кроме того, все изготовленные детали остаются практически сухими. Непрямой контакт посредством вдыхания масляных паров и тумана оператором исключен, поскольку масло используется в минимальных количествах и полностью расходуется в процессе обработки.

Разработка системы дистанционного управления элерона аэродинамической модели пассажирского самолета на основе гидравлического привода

Левицкий А.В., Севостьянов С.Я.
ФГУП ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского
alexandr.levitsky@tsagi.ru

В основе системы управления отклоняемыми поверхностями аэродинамической модели самолета лежит система силовых сервоприводов. На сервоприводы накладываются определенные ограничения: при малых габаритах они должны обеспечивать высокое значение развиваемых усилий, позиционирование отклоняемых поверхностей с точностью до долей градусов, обладать достаточным быстродействием для обеспечения необходимых угловых скоростей отклонения аэродинамических поверхностей.

На первом этапе работы для реализации системы автоматизированного управления был изготовлен стенд, где использовался силовой привод на основе компактного электрического двигателя с редуктором и винтовой передачей, представленный в широкой продаже и удовлетворяющий заданным силовым характеристикам.

Проведенные испытания показали возможность реализации системы на базе выбранной кинематической схемы, оборудования, а также спроектированных механизмов. К недостаткам можно отнести относительно большие габариты электродвигателя, не позволяющие разметить его рядом с отклоняемой поверхностью, низкую скорость перекладки отклоняемой поверхности (0,5 град/сек), а также необходимость устранения люфтов в проводке управления.

Устранение данных недостатков возможно при переходе к гидравлическому приводу. По сравнению с электрическим он обладает существенно большим показателем удельной мощности, а значит при одних и тех же рабочих усилиях, может иметь меньшие габариты. Однако, среди готовой продукции представленной на рынке, отсутствуют гидравлические приводы, требуемых размеров. Решением данной задачи стала разработка компактного гидравлического привода одновременно с проработкой будущей кинематической схемы и управляющего механизма автоматизированной системы дистанционного управления.

На базе данного гидропривода был спроектирован макет системы дистанционного управления, разработана кинематическая схема передаточного механизма, а также спроектирован новый тип устройства нагружения. Малые габариты гидроцилиндра позволили расположить его в крыле непосредственно вблизи элерона, в срединном его сечении. Это позволило сократить число подвижных звеньев в проводке управления с 11 до 2, что позволило исключить возможные люфты в системе.

Построение полнофакторного эксперимента типа 3^3

Легенький Д.А., Давыденко Д.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Крылов А.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 71
dimentorstalker@yandex.ru

В основе современных методов определения тех или иных результатов экспериментов, существуют различные способы достижения поставленных целей. Одним из таких методов является постановка полного факторного эксперимента.

План его проведения записывается в виде матрицы планирования, в которой в определенной последовательности перечисляются различные комбинации факторов на необходимых математических уровнях.

При проведении экспериментов получают значения исследуемых величин для каждого опыта (или серии опытов). Далее переходят к построению математической модели. Обычно проводят несколько серий опытов для каждого эксперимента, с целью проверки уравнения на адекватность (достижения максимального качества исполнения поставленной боевой задачи).

В дальнейшем пользуются определенным алгоритмом для определения конечных результатов. Анализ предполагает интерпретацию полученной модели. Её необходимо записывать в кодированных переменных.

Также данный метод, позволяет определить, какой из факторов наиболее сильно оказывает влияние на эксперимент. Пользуясь математическим аппаратом, исследователь с достаточной точностью достигает поставленных целей, путем решения алгоритма проведения и преобразования установленных условиями задач факторов.

Одной из концепций решения современных задач по обеспечению теми или иными составляющими, является нахождение результата их влияния на дальнейшее развитие задачи в зависимости от различных факторов.

Актуальностью данной работы является наглядная демонстрация полнофакторного метода, с целью введения его инженерно авиационную службу Воздушно-космических сил. Он позволит значительно облегчить мероприятия, проводимые инженерно авиационным составом и повысить качество как выполняемых технических и эксплуатационных работ, так и материально техническое состояние войсковых частей, соединений и объединений.

К достоинствам рассматриваемого метода относится:

- минимизации общего числа опытов;
- одновременное варьирование всеми видами переменных, определяющих процесс по специальным правилам – алгоритмам;
- получение математического аппарата, описывающего процесс исследования;
- выбор четкой стратегии позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии эксперимента;
- совершенствование военно профессиональных качеств и навыков личного состава, путем обучения пользования данным методом.

Таким образом, в рамках данной работы была доведена актуальность использования полного факторного эксперимента и применение его в различных условиях решаемых задач, в зависимости от поставленных целей и предполагаемых открытий.

Внедрение программных комплексов математического моделирования при проектировании РКТ

Марков В.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Иосифов П.А.
МАИ, каф. ИЛА
v.markov@ila-mati.ru

Современные условия развития страны и ракетно-космической отрасли, резко возросшая конкуренция на мировом рынке требуют максимально эффективно подходить к

разработке изделий ракетно-космической техники – повышать энергетические и точностные характеристики,сокращать сроки проектирования новых изделийпри поддержании высокого уровня надежности и безаварийности, а так же обеспечивать их экономическую конкурентоспособность на рынке услуг выведения.

Одним из способов снижения времени и стоимости проектирования новой ракетно-космической техники является внедрение программных комплексов математического моделирования. Данное программное должно позволять проводить имитационное моделирование реальных испытаний узлов и агрегатов, таких какгидропроливка баков и магистралей,процессов горения топлива в двигателе (имитация огневых испытаний),трещиностойкость конструкции под динамической нагрузкой, отработка динамики отделения ступеней,динамика изделия на активном и пассивном участке полета, проведение полного цикла аэродинамических испытаний, виброиспытания элементов конструкции, определение уровня акустических шумов и т.д.

Программные комплексы, обладающие подобными возможностями, разрабатываются не только за рубежом, но и России, например разработка ядерного центра в Сарове «Логос» зарекомендовала себя сразу в нескольких отраслях (машиностроение, ядерная энергетика, авиастроение, двигателестроение) и показала свою эффективность при разработке таких изделий, как SSJ-100, Су-35, Т-50 в авиастроении. Сравнительный анализ продемонстрировал эффективность применения данного комплекса математического моделирования на уровне зарубежных аналогов (Star-CCM+, Ansys, Nastran и Abaqus), а по точности результатов превзошел их благодаря особенностям архитектуры и методам разработки, позволяющим учитывать все особенности предметной области моделирования.

При внедрении подобных средств математического моделирования будет необходимо пересмотреть принятую в отрасли нормативную документацию, регламентирующую порядок и перечень экспериментальной отработки. Так же будет необходимо провести полный анализ существующей методики формирования комплексного плана экспериментальной отработки с учетом возможностей программных комплексов математического моделирования. По факту анализа предлагается применение моделирования для испытания конкретных узлов, систем и агрегатов, в том случае, если для этого существует или потенциально возможна разработка адекватной математической модели. На основании результатов математического моделирования возможно принять решение о годности, необходимости доработки и модификации узла в кратчайшие сроки и провести повторное моделирование, убедившись в соответствии требованиям. Реальная экспериментальная отработка предлагается для проведения комплексных динамических испытаний полунатурных объектов. Подобная последовательность обеспечит верификацию данных, обеспеченных математическим моделированием, проверку надежности изделия в целом и даст толчок развитию более сложных математических моделей для комплексных многофакторных испытаний.

С учетом вышесказанного появляется реальная возможность оптимизировать сроки проектирования изделий РКТ, серьезно сократить стоимость разработки новых изделий за счет сокращения объемов экспериментальной отработки (75-80% стоимости всей разработки) и достичь необходимого уровня надежности.

Боевая эффективность военно-транспортного самолета Ил-76МД с доработанной системой кондиционирования воздуха

Мацко О.В.
Научный руководитель – Разуваев Д.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 72
razuvaev38irk@mail.ru

При применении и эксплуатации авиационной техники не исключается возможность возникновения экстремальных условий, но при этом для выполнения различного рода задач требуется поддерживать нормальную работу агрегатов и систем. Способность летательного аппарата функционировать при наличии отказов, то есть обладать доста-

точной живучестью, является одним из основных свойств, обеспечивающих пригодность его к полетам. Поэтому, при проектировании авиационной техники, наряду с обеспечением требуемого уровня надежности и безотказности, должно уделяться не меньшее внимание вопросам работы узла при наличии отказа, то есть выживаемости конструкции в аварийных ситуациях.

В данной работе проводится расчет боевой эффективности самолета Ил-76МД с доработанной системой кондиционирования. Наименее надежным элементом системы кондиционирования является воздухопровод. Состояние воздухопровода системы наддува во многом определяет надежность и качество работы всей высотной системы. В данном случае повышение надежности в случаях отказа в работе агрегатов системы кондиционирования воздуха для дополнительного охлаждения достигается путем установки в систему вихревой трубы.

Состояние технического устройства (вихревой трубы) непрерывно контролируется в эксплуатации. Выйти из строя техническое устройство может в любой момент времени. В случае возникновения отказа немедленно осуществляется его замена.

При проведении расчетов принимаем во внимание, что поток отказов и поток восстановления - простейшие, поэтому можем применить для решения этой задачи теорию массового обслуживания для марковских случайных процессов. На основании графа состояний записывается система дифференциальных уравнений Колмогорова.

Проведенные расчеты показывают, что установка вихревой трубы в систему кондиционирования воздуха повышает безотказность работы детандера на 4,35 % и воздухо-воздушного радиатора на 3,5%, что в общем повышает боевую эффективность системы на 1,28 %.

Оптимизация технологии изготовления виброустойчивых нераспыляемых таблеточных газопоглотителей

Мерзляков Р.Д., Мерзлякова В.А.
Научный руководитель – профессор, д.ф.м.н. Борисов А.М.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
Tori110893@mail.ru

В качестве рабочей газовой среды в лазерных гироскопах обычно используется газовая смесь двух изотопов неона (20Ne, 22Ne) с гелием. Чистота рабочих газов имеет очень высокое значение для эффективности работы лазера и срока его эксплуатации. Максимальное количество примесей не должно превышать 0,001%, а также состав примесей имеет высокое значение и должен быть известен. Поэтому для лазерных гироскопов существует необходимость поддерживать чистоту рабочей смеси по примесям, а именно, по водороду, азоту, оксиду углерода, и обеспечивать условия для поддержания высокого и стабильного вакуума в течение всего срока службы прибора.

В целях обеспечения заданного состава рабочей газовой смеси и поддержания его на всем протяжении срока службы кольцевого лазерного гироскопа применяются газопоглотители (международное название – геттеры, getters). От их качества полностью зависят работоспособность, надежность и долговечность прибора

При разработке трехосного лазерного гироскопа и лазерного гирокомпаса были поставлены задачи достижения срока сохраняемости этих изделий 15 лет и проработки возможности увеличения этого срока до 20 лет. Наиболее критичной с этой точки зрения является задача обеспечения состава газовой активной среды в вакуумной полости резонатора. В связи с этим в лазерные гироскопические датчики был внедрен вставной нераспыляемый таблеточный газопоглотитель.

Вставной геттер из пористого сплава титан-ванадий имеет емкость 18 л·Па и может обеспечить более 20 лет сохраняемости состава газовой смеси даже при большем потоке натекания - до 3·10-10 л·Па/с и исключить необходимость использования других геттеров.

На момент написания но технология их изготовления не была отработана, поэтому цель работы заключалась в оптимизации технологии изготовления виброустойчивых нераспыляемых газопоглотителейдля адаптации их применения в резонаторах кольцевых

лазерных гироскопов с гелиево-неоновым заполнением в процессе их эксплуатации и хранения.

В технологический процесс изготовления газопоглотителей введены новые операции: отмагничивание и промывка исходного порошка. Введение этих операций позволило очистить порошок от шлака, карбидных соединений, магнитных частиц, что предотвращает образование вырывов и острых краев по внутреннему и внешнему диаметрам после спекания, а также темных вкраплений спеченного шлака.

В результате проведенных работ выход годных газопоглотителей увеличился с 40 - 50 % до 75 - 80 %. Брак резонаторов, связанный с газопоглотителями, изготовленными по усовершенствованной технологии и установленными в резонаторы ЭК-104С и К-5 в период с марта 2016 г. и по настоящее время, отсутствовал.

Анализ перспектив полёта на самолётах с вертикальным взлётом и посадкой

Менлямбетова Э.К., Яндаева К.А.
Научный руководитель – к.т.н., с.н.с. Торопов В.А.
Филиал «Взлёт» МАИ, каф. А11
miss__whim@mail.ru

Самолеты и вертолеты, объединенные в одном транспорте, так называемые винтокрылы, могли бы сэкономить нам массу времени и средств на содержание аэропортов. Известно, что аэропорты — очень дорогие атрибуты авиации. Они требуют пространства, чтобы разместить все дорожки и ангары, терминалы и багажные отделения, парковки и прочие службы, необходимые для поддержания авиаперевозок.

LiliumJet - проект персонального электрического летательного аппарата с вертикальным взлетом и посадкой.

Направления разработок, проводимых различными компаниями и организациями, позволяют предположить, что в не таком уж и далеком будущем если не весь, то большая часть личного транспорта переместится с обычных дорог в воздушное пространство, сделав анахронизмом понятие дорожных пробок, узких улиц и ограниченного для маневров пространства. К вышеупомянутым разработкам можно отнести и проект двухместного электрического аппарата LiliumJet с вертикальным взлетом и посадкой, который разрабатывается сейчас в Германии под эгидой Европейского космического агентства. Этот мини-самолет сможет летать под прямым управлением человека-пилота, при помощи системы дистанционного управления и в автономном режиме. Максимальная скорость, которую он сможет развивать в воздухе, составит 400 километров в час, а первые образцы летательного аппарата могут появиться на свет уже в 2017-2018 году.В конструкции аппарата LiliumJet совмещены технологии вертикального взлета и посадки и технологии эффективного горизонтального полета самолетов с жестким неподвижным крылом. Большое внимание уделено уровню шума, издаваемого аппаратом LiliumJet. Согласно предварительным расчетам, аппарат будет намного тише, чем все, что было создано до этого в рамках программы DARPA X-plane, ведь его основным двигателем будет электрический двигатель, мощностью 329 кВт (435 л.с.), использующий энергию аккумуляторных батарей.В настоящее время аппарат LiliumJet отнесен в Европе к классу легких спортивных самолетов (LightSportAircraft).В самом начале эксплуатации самолетам LiliumJet будет позволено подниматься и садиться на поверхность в специально отведенных местах. Но по мере того, как уровень безопасности этого аппарата достигнет приемлемой величины, он сможет садиться и взлетать с любой площадки, размерами 15 на 15 метров. В самом экономичном режиме горизонтального полета аппарат LiliumJet сможет лететь со средней скоростью около 300 километров в час. В таком режиме полета одного заряда аккумуляторных батарей хватит на дальность в 500 километров, а при движении с максимальной скоростью аппарат будет расходовать энергию не столь эффективно, за счет чего дальность полета может уменьшиться в полтора-два раза.

Определение расчётного натяга при сборке неподвижных неразъёмных соединений

Морскова С.В.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Безъязычный В.Ф.
РГАТУ им. П.А. Соловьева, каф. ТАДиОМ
technology@rgata.ru

В конструкциях узлов ГТД достаточно широкое распространение получили прессовые соединения, от прочности которых во многом зависит работа изделия в целом.

Это объясняется их высокой надежностью, простотой конструкции и технологии изготовления (нет промежуточных деталей, хорошее базирование в процессе сборки), а также обеспечением хорошего центрирования. Требуемые прочностные характеристики сборочных единиц в этом случае зависят от физико - механических свойств материалов деталей, их геометрических размеров, вида сборки и от параметров качества обработанной поверхности (шероховатости, степени наклёпа, остаточных напряжений), которые, в свою очередь зависят от технологических условий обработки (свойств обрабатываемого и инструментального материалов, режимов обработки: подачи, глубины и скорости резания).

В настоящее время расчёт соединений с натягом выполняется по известным классическим формулам с использованием справочных данных, как правило, с учётом шероховатости контактируемых поверхностей. Автором разработаны рекомендации по расчётному определению номинального натяга с учётом как шероховатости контактируемой поверхности, так и степени её упрочнения (наклёпа).

Автором разработана методика расчёта прочности соединений с натягом с учётом режимных условий обработки, а также геометрии режущего инструмента и свойств обрабатываемого и инструментального материалов с использованием безразмерных комплексов процесса резания.

Далее автором разработана последовательность расчётов, которая может позволить определять величину расчётного натяга с учётом совокупного влияния шероховатости и степени наклёпа соединяемых поверхностей и в зависимости от режимных условий обработки, а также геометрии режущего инструмента и свойств обрабатываемого и инструментального материалов.

Таким образом, значение расчётного натяга, полученное с использованием данной последовательности расчётов, является наиболее обоснованным и точными, поскольку учитывает основные особенности рассматриваемого процесса резания и параметры качества поверхностного слоя обрабатываемых деталей.

Особенности построения системы менеджмента качества для авиационных изделий из полимерных композиционных материалов

Нагаев В.Ю.
Научный руководитель – к.т.н. Юргенсон С.А.
МАИ, каф. 101
nagaew.vladislav@yandex.ru

На сегодняшний день детали из полимерных композиционных материалов (ПКМ) широко используются в различных отраслях деятельности человека. Так, в авиационно-космической отрасли доля применения ПКМ в планере широкофюзеляжного самолета может составлять до 50%, при этом к данным конструкциям предъявляются повышенные требования по безопасности и надежности. Однако, в отношении авиационных конструкций из ПКМ требования ИСО 9001 носят общий характер и не позволяет обеспечить необходимый уровень качества.

В связи с этим были разработаны гармонизированные национальные стандарты по системе менеджмента качества (СМК) в авиационной промышленности ГОСТ Р ЕН 9100 и ГОСТ Р ЕН 9120 на основе зарубежных стандартов серии AS/EN 9100, отражающие отраслевую специфику и предъявляющие дополнительные требования к системам качества.

Данные стандарты позволяют гармонизировать отечественные требования к СМК предприятий с требованиями зарубежных норм и правил, что облегчает выход на международные рынки и процесса сертификации.

Однако, поскольку производство ПКМ является специальным технологическим процессом (СпТП), т.е. технологическим процессом, результат выполнения которого не может быть оценен последующим мониторингом или измерениями, из-за чего недостатки становятся очевидными только после начала использования продукции (предоставления услуги), то для обеспечения контроля СпТП, применяют специальные требования. Для контроля СпТП и упрощения процесса валидации за счет сокращения числа испытаний финального изделия используют Material Specification и Process Specification, которые переплетены на протяжении всего процесса сертификации и валидации. Material Specification регламентирует технические требования к покупаемому материалу ПКМ, а Process Specification описывает технологический процесс изготовления агрегата из ПКМ, включая все операции до и после отверждения. Если все требования, указанные в данных документах, были соблюдены, то ПКМ будет обладать заявленным в них свойствами.

Создание Material и Process Specification регламентируется набором документов, разработанных FAA. Для ПКМ в частности, это DOT/FAA/AR-02/109, описывающий критерии создания Material Specification для однонаправленных препрегов; DOT/FAA/AR-02/110, описывающий критерии создания Process Specification для ПКМ из однонаправленного препрега и эпоксидной смолы и др.

Material и Process Specification, которые были использованы при производстве каждого из элементов агрегата воздушного судна, входят в общий пакет нормативной документации (НД) данного агрегата и в дальнейшем используются в качестве сертификационной документации данного агрегата.

Проверка соответствия технологической документации стандартам выполняется по программе стандартизации и аккредитации производителей в аэрокосмической и военной промышленности National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program (Nadcap), которая осуществляется на основе специальных опросных ведомостей.

В рамках данного исследования был разработан минимальный базис требований к СМК, необходимый для построения СМК в РФ, обеспечивающей повышение качества производства композиционных изделий и тем самым облегчающее выход на международные рынки.

Сравнение методов внедрения углеродных нанотрубок при изготовлении изделий из полимерных композиционных материалов

Нагаев В.Ю., Слезкин Д.В., Туев Д.В.
Научный руководитель – Фирсов Л.Л.
МАИ, каф. 101
slyozkindv@mail.ru

Одним из перспективных направлений в науке о полимерах и материаловедении в последние годы стало создание полимерных композиционных материалов (ПКМ), модифицированных введением наночастиц, для достижения заданных свойств. Введение различных типов наночастиц может повысить механические, электропроводящие, трибологические, химические и иные свойства композитов.

Существуют два принципиально различных способа получения полимерных композиций, содержащих наночастицы:

– формирование наночастиц в наноструктурированном полимерном окружении, где под наноструктурами понимаются регулярные микрогетерогенности, благодаря наличию которых появляется возможность контролировать рост наночасти и их распределение по размерам, а также варьировать межфазные взаимодействия на поверхности частиц;

– введение наночастиц непосредственно в полимерную матрицу.

Модифицирование композиционных материалов углеродными нанотрубками (УНТ) на сегодняшний день возможно различными вариантами реализации второго

метода, а именно: смешение компонентов в расплаве, смешение дисперсий УНТ и растворов полимеров, полимеризация in situ, электрохимическое осаждение полимеров на УНТ, смешение порошкообразных компонентов в мельницах, комбинации различных вариантов и др.

Однако, для модификации силовых элементов конструкций планера оказался наиболее применим растворный метод, заключающийся в смешении дисперсии функционализированных или нативных УНТ в органическом растворителе с раствором эпоксидной смолы.

Для достижения свойств ПКМ, максимально приближенных к заданным, необходимо выполнение следующих условий:

– максимально равномерное распределение УНТ в матрице;

– обеспечение межфазного взаимодействия, обеспечивающего эффективный перенос механических напряжений от наполнителя к трубкам и матрице (при необходимости получения повышенных механических характеристик).

Использование растворного метода для введения УНТ позволяет не только выполнить данные условия, но и одновременно решать задачу функционализации наночастиц.

В рамках данной научной работы описан технологический процесс изготовления конструкций из ПКМ с внедрением УНТ, пригодный для серийного производства силовых элементов конструкций планера летательных аппаратов. Использование растворного метода для внедрения УНТ позволяет получить необходимые свойства при минимальных корректировках технологического процесса.

Элементы, изготовленные по данной технологии позволят максимальным образом реализовать свойства полимеров с внедренными УНТ.

Противообледенительная защита теплообменника-конденсатора системы кондиционирования воздуха ЛА

Нежинский А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Чичиндаев А.В.
НГТУ, каф. ТТ
ttf_nstu@rambler.ru

Использование в системе кондиционирования воздуха самолета Ту-204 (Boeing, Airbus, Superjet 100, МС-21 и др.) теплообменника-конденсатора для охлаждения сжатого воздуха за счет холодного воздуха с отрицательной температурой, выходящего из турбины приводит к ряду эксплуатационных проблем. Наиболее существенной является обмерзание части теплообменной поверхности, что в свою очередь является причиной перекрытия живого сечения каналов, роста сопротивления и падения расхода воздуха в системе. Целью настоящей работы является анализ известных способов борьбы с обмерзанием теплообменника-конденсатора, описание особенностей противообледенительной защиты и предложение вариантов решения данной проблемы.

Для задачи оптимизации конструкции теплообменников в настоящей работе используется обобщенный критерий, описывающий отношение термических сопротивлений холодного и горячего тракта, который включает в себя: соотношения исходных значений режимов течения теплоносителей; коэффициенты оребрения теплообменной поверхности; факторы, описывающие соотношение режимных параметров теплоносителей и площадей оребрений. В работе представлены результаты численного исследования влияния различной комбинации изменения режимных и геометрических факторов на уменьшение площади обмерзания поверхности теплообменника-конденсатора, включая использование переменного отношения термических сопротивлений. Исследованы следующие варианты конструкции теплообменника-конденсатора: одноходовые с общими для поверхности режимными, геометрическими факторами; многоходовые; одноходовые с переменными для поверхности геометрическими, включая использование режимных факторов.

Проведенное исследование позволило: установить причины обмерзания конструкции теплообменника и разработать основные принципы противообледенительной защиты конденсатора; обосновать и предложить основные эффективные технические приемы изменения конструкции, позволяющие исключить отрицательные температуры теплообменной поверхности; решить актуальную проблему создания незамерзающей конструкции.

Автоматизированное проектирование бортовой кабельной сети беспилотного летательного аппарата

Низамов Р.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Фёдоров Е.Ю.
КНИТУ-КАИ, каф. ЭО
rustem_nizamov@bk.ru

Проектирование бортовой кабельной сети (БКС) современных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в настоящее время невозможно без использования автоматизированных систем. Это обуславливается рядом причин:

– непрерывный рост числа новых модификаций, моделей и комплектаций летательных аппаратов;

– растут требования к качеству проектных документов и их соответствию международным стандартам и нормативам, как следствие – увеличение количества инженерных расчётов;

– увеличение номенклатуры и усложнение чертежей, как следствие усложняющейся структуры БКС;

– рост объема рутинной работы инженера, влекущее падение престижности его труда;

– идет интенсификация проектно-конструкторских работ при дефиците квалифицированных конструкторов, что приводит к трудностям при выполнении проектов традиционными методами в установленные сроки, увеличению ошибок в документации;

наблюдается тенденция обеспечения тесной взаимосвязи процессов проектирования, производства, маркетинга и эксплуатации летательных аппаратов. Поэтому проектирование БКС БПЛА неотрывно от последующей технологической подготовки производства и эксплуатации.

Современный рынок информационных технологий включает в себя достаточно большое количество универсальных систем автоматизированного проектирования (САПР) в области проектирования БКС, но они, в основном, являются средствами графически-информационной поддержки проектного процесса, и, как следствие, качество проектных решений здесь зависит во многом от подготовленности и опыта персонала. Универсальные средства САПР не решают задачи оптимизации, анализа качества и надежности БКС.

Для решения указанных проблем необходимо создание алгоритмов оптимизации БКС, разработка соответствующей эффективной методики автоматизированного проектирования БКС.

На основании анализа процесса проектирования БКС БПЛА, предыдущих научно-исследовательских работ, опыта разработки отдельных методик синтеза и создания пакетов прикладных программ, выполненных на кафедре электрооборудования, разработана модель автоматизированного проектирования бортовой кабельной сети беспилотного летательного аппарата в виде логической схемы.

Работа выполняется в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-7706.2016.8.

Возможность применения спиральных вставок для создания резьбовых отверстий в деталях и агрегатах из мягких модельных материалов

Никуленко А.А., Юстус А.А.
ФГУП ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского
ustusalex@mail.ru

В настоящее время, аэродинамические модели становятся всё более универсальными при увеличивающемся количестве сменных элементов из «мягких» материалов – лёгких сплавов и модельных пластиков (органы управления, аэродинамические поверхности и т.д.). Важнейшим требованием к таким моделям является обеспечение надежного соединения скрепляемых деталей во время проведения трубного эксперимент в условиях неравномерных нагрузок и вибраций.

Вследствие ограниченных размеров деталей используются винтовые соединения в том числе с малыми диаметрами крепежа ($d \geq 3$). При многократных изменениях конфигурации сопровождающейся сменой элементов модели, резьба, выполненная в «мягких» материалах, через 3-5 повторных завинчиваний повреждается и не может обеспечить достаточную прочность соединения. Традиционное решение этой проблемы – использование стальных резьбовых втулок (футорок), устанавливаемых в детали – приводит к увеличению трудоёмкости, веса модели и, вследствие того, что диаметры футорок значительно превышают диаметры винтов, ослаблению конструкции.

Альтернативным решением может стать конструкция резьбовых отверстий с применением спиральных вставок.

Резьбовая спиральная вставка представляет собой пружину, изготовленную из проволоки ромбического сечения. Вставка в свободном состоянии имеет диаметр больше диаметра резьбы, монтаж происходит с натягом, предотвращающим вывинчивание при знакопеременных нагрузках. Это позволяет не использовать клей для фиксации в отверстии в отличие от установки резьбовых втулок. Упругие свойства спиральных вставок позволяют равномерно распределить нагрузки и напряжения. Угловая и шаговая погрешность компенсируются по всей длине резьбовой вставки, в результате чего достигаются лучшие (относительно резьбовых втулок) условия для передачи усилия между болтом и приёмной резьбой и, как следствие, – увеличение срока службы резьбового соединения при любых статических и динамических нагрузках.

В НТЦ НПК ЦАГИ были произведены необходимые сравнительные экспериментальные исследования прочности резьбовых соединений, выполненных в мягких материалах (алюминиевый сплав, модельный пластик) с использованием спиральных вставок и традиционных (для опытного производства института) резьбовых втулок.

Для образцов резьбовых отверстий, выполненных в деталях из алюминиевого сплава (Д16Т), характерным разрушением как для футорок, так и для спиральных вставок являлось разрушение крепежного элемента (болта).

Для образцов из модельного пластика, для всех размеров спиральных вставок, характерно разрушение резьбы в пластике с вырыванием вставки в направлении приложения силы. При этом вклеенные резьбовые втулки не претерпевали никаких изменений.

Таким образом, применение спиральных вставок может быть рекомендовано для деталей из алюминиевых сплавов вместо резьбовых втулок без ограничения, а для модельных пластиков - для деталей не работающих в условиях значительных осевых растягивающих нагрузок соединительных элементов.

Система аварийного спасения БПЛА

Номеровский Е.А., Суханов Д.Б.
Научный руководитель – ст.преподаватель Швед Ю.В.
МАИ, каф. 103
Dimasuhanov24@gmail.com

Занимаясь разработкой и сборкой БПЛА, а также последующей эксплуатацией в городе, мы столкнулись с проблемой безопасного спуска на землю БПЛА в случае нештатных ситуаций, связанных с потерей питания и проблемами работы двигателей. Долго размышляя над решением данной проблемы, мы пришли к выводу о том, что безопасней и надежней всего будет использовать парашютную систему. После чего, мы начали собирать данные о возможных вариантах размещения системы на квадрокоптере 250-го размера. Начали советоваться с преподавателями 103й кафедры, которые уже занимались разработкой различных парашютных систем. После этого мы начали разработку парашютной системы, корректируя наши действия советами нашего научного руководителя. И анализируя готовые парашютные системы, мы начали понимать , что нам нужно сделать для решения первоначальной проблемы. Первое что мы сделали, это определились с размером купола и материалом изготовления,после чего своими силами сделали парашют на 103 Кафедре. Вторым этапом мы сделали корпус, вместивший в себя парашют и систему отстрела основанную на пиротехническом элементе. Завершающим этапом было создание автономной дистанционно контролируемой системы управления выброса парашюта. После чего были проведены испытания, показавшие высокую точность и скорость срабатывания, также мы можем гарантировать высокую надёжность при использовании нашей системы, так как наша система оборудована отдельным питанием, а также датчиками позволяющими открыть парашют без участия человека или в случае потери связи с землёй. Пообщавшись с коллегами и друзьями, которые либо разрабатывают свои мильтироторные системы ,либо пользуются покупными, для развлечения, либо в своих стартапах, мы пришли к выводу, что данное устройство будет иметь немалый успех.

Т.к. большое количество людей нас просило держать их вкурсе того, как будет продвигаться наша разработка в данном ключе. Потому как данное устройство помогло бы им в решениях проблемы с которой столкнулись мы ,и благодаря которой и начали нашу разработку.

Так как большинство людей как купившие дрон, так и собравшие его своими силами потратили на него большое количество финансовых, так и душевных сил, и благодаря данной парашютной системе у нас получиться их сохранить. Так же этот модуль дает возможность проводить более экстримальные полеты и практиковаться в пилотирование без риска потерять свой БПЛА. Что как для начинающих пользователей ,так и для опытных операторов является большим плюсом.

Обеспечение качества соединений в конструкциях из композитных материалов

Пешехонов С.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Кондрашов В.З.
МАИ, каф. 104
s-peshehonov@mail.ru

В настоящее время рост спроса к новым моделям авиационной промышленности порождает потребность в создании новых материалов для её изготовления. Композиционные материалы (КМ) благодаря своим характеристикам успешно внедряются в авиационную и космическую технику. Одной из важных задач при создании конструкций из КМ является выбор вида соединения и процесса его выполнения.

Современные заклепочные соединения быстро и качественно соединяют разнородные материалы. С успехом конкурируют со сваркой в плане прочности и экономичности. Учитывая, что каждое соединение обладает своими особенностями и недостатками, перед инженерами ставится задача сохранения плотности стыка и

обеспечения стабильности затяжки болтовых и заклепочных соединений. Выбор того или иного из них при проектировании изделий зависит от ряда факторов: физико-механических свойств материалов, условий эксплуатации, реализуемости, а так же от условий образования отверстий и выполнения соединений. Этими параметрами обуславливается выбор инструмента и оборудования для обеспечения качества соединения, исходя из требуемых свойств. Применение стандартных сверл и сверлильных машин не могут обеспечить качество отверстия из-за возникновения проблем. Анализ показал, что применение специальных сверл, которые отличаются от обычных геометрией режущей кромки, шириной канавки, материалом и сверлильных машинок с регулируемой величиной подачи сверла позволяют управлять величиной усилия резания, уменьшить абразивное действие пылевидной стружки. Технология обеспечивает производительность и качество отверстий, оптимизация геометрических форм сверла исключает деламинацию слоев КМ.

В частности из-за ряда специфических свойств КМ: сравнительно невысокого модуля упругости в процессе формирования замыкающей головки, возникают большие деформации в зоне отверстия. Из-за малой величины относительного удлинения и их склонности к хрупкому разрушению эти деформации могут привести к разрушению связующего и расслоению материала уже на этапе расклёпывания заклёпки и постановки болта, что вызывает снижение прочности и выносливости соединения. Кроме этого, при постановке болта с натягом происходит расслоение материала пакета. Величина натяга КМ имеет предел, который в несколько раз меньше, чем у лёгких сплавов и сталей. Снижение деформаций отверстия происходит при уменьшении усилия осадки, которая достигается за счёт изменения объёма деформируемого материала стержня заклёпки, при использовании специальных заклёпок. При создании соединений из листовых материалов можно использовать специальные заклепочные гайки, данная технология исключает процесс сварки, установка соединения исключает температурное и механическое воздействие и может использоваться на разных стадиях производства.

Изменение балансировки сверхзвукового самолета с помощью изменяемого развала V-образного оперения.

Пирожков А.С.
Научный руководитель – ст. преподаватель Плыкин Е.И.
МАИ, каф. 101
staika-alpinistov@mail.ru

Одной из отличительных особенностей истребителя 5-го поколения над поколением предыдущим является то, что такой самолет может выполнять продолжительные сверхзвуковые полеты без использования форсажа. Возможность крейсерской скорости на больших числах Маха позволит повысить шансы успешно противодействовать противнику: быстрее достигать рубежей пуска, увеличивать энергетику выпущенных ракет, занимать выгодную позицию, совершать атаки с неожиданного направления, своевременно осуществлять отдаление от противника. Наряду с мероприятиями по снижению радиолокационной заметности, фактор увеличения скорости так же оказывает влияние на аэродинамику и конструкцию планера. Адаптация планеров истребителей нового поколения под более высокие сверхзвуковые скорости представляется как одно из направлений развития концепции истребителя будущего – 6-го поколения.

В данном докладе под адаптацией планеров под крейсерские сверхзвуковые скорости полета на больших числах Маха рассматривается увеличение аэродинамического качества на данных режимах с помощью снижения потерь на балансировку.

Ключевым моментом в снижении потерь на балансировку является создание продольной статически неустойчивой компоновки во всем скоростном диапазоне. Для этого реализуется как повышенная степень статической неустойчивости, так и мероприятия для уменьшения сдвига фокуса назад.

В докладе проанализировано уравнение балансировочной поляры, выявлены компоновочные параметры, с помощью которых возможно регулировать степень статической неустойчивости и предложена конструкция, способная это осуществлять – V-оперение с изменяемым углом развала. Также в докладе исследована проблема перекрестных связей такого V-образного оперения, а именно устойчивость продольно-бокового движения на больших сверхзвуковых скоростях.

Возможность улучшения балансировочных характеристик сверхзвукового самолета дает возможность реализовать еще одну потребность истребителя на более сверхзвуковых скоростях - увеличение дальности и продолжительности полета.

К вопросу об улучшении взлетно-посадочных характеристик самолётов военно-транспортной авиации

Савицкий Н.С.
Научный руководитель – Разуваев Д.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 72
razuvaev38irk@mail.ru

В настоящее время значительно выросший уровень требований к взлетно-посадочным характеристикам самолетов военно-транспортной авиации (ВТА) требует поиска новых эффективных путей их обеспечения. Одним из основных требований, предъявляемых к самолетам ВТА, является обеспечение их базирования на взлетно-посадочных полосах (ВПП) ограниченной протяженности. Выполнение этого требования является сложной научно-технической задачей, выполнение которой не может обеспечиваться обычной механизацией. Опыт, полученный при изучении этой проблемы показывает, что для базирование тяжелого военно-транспортного самолета на грунтовой ВПП длинной до 1км, необходимо обеспечить приемлемые взлетно- посадочных характеристик. Например посадочная скорость не должна превышать 180-200 км/ч.

Решением этой проблемы является применение новых перспективных методов по улучшения взлетно-посадочных характеристик. Радикальное улучшение взлетно-посадочных характеристик может быть достигнуто за счет более полного использования энергии силовой установки. Способы, базирующиеся на частичном или полном использовании энергии СУ для повышения несущих свойств самолета, называют энергетическими способами увеличения подъемной силы (ЭСУПС). Существует два таких способа:

1. Струйная или энергетическая механизация, в которой для улучшения обтекания крыла и повышения его несущих свойств используется выдув струи сжатого воздуха, отбираемого из газодинамического тракта двигателя. Основными видами СМК являются: управление пограничным слоем, струйные и эжекторные закрылки, выдув струй из осесимметричных сопел.

Системы обдува крыла струями двигателей, в которых для улучшения аэродинамических характеристик используется вся энергия двигателей. К ним относятся системы управления вектором тяги.

При использовании каждой из этих систем происходит изменение взлетно-посадочных характеристик самолета. ЭСУПС является средством активного управления ВПХ, которое позволяет значительно повысить несущие свойства самолета, улучшить аэродинамические и управлять самолетом на больших углах атаки без срывного явления, что в перспективе позволит уменьшить посадочную скорость тяжелых транспортных самолетов.

На сегодняшний день, значение ВТА сложно переоценить, а значит, решение проблемы сложности базирование является первостепенной, поэтому метод ЭСУПС является одним из самых перспективных в этом направлении.

Разработка проекта легкомоторного самолета короткого взлёта и посадки

Смагин А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Долгов О.С.
МАИ, каф. 101
smagin_9595@mail.ru

В настоящее время существует потребность в легкомоторных самолетах, обладающих возможностью совершать укороченные взлет и посадку. Такие качества позволяют использовать ЛА в различных целях без привязки к хорошему аэродрому: обучение полетам, воздушный туризм, аэрофотосъемка, патрулирование местности (в том числе в крупных заповедниках), перевозки в нуждах народного хозяйства, сопровождение и снабжение экспедиций и ряде других.

В рамках СРС в июле 2016 года начата проработка четырехместного многоцелевого самолета короткого взлета и посадки (первоначальное обозначение «изделие 16»). Суммарный объем исследований и наработок по данной тематике на 01.02.2017 составил примерно 300 человеко-часов, выполнены некоторые прочностные и компоновочные расчеты и определены основные ЛТХ. Следует отметить, что разработка велась с активным использованием САПР, в том числе CAE-технологий, которые использовались при расчетах рессор шасси. В основу разработки легли результаты испытаний радиоуправляемых моделей схожей компоновки и КСС, проведенные в 2012-2014 гг.

После анализа рынка ЛА схожего назначения (в качестве самолета, наиболее близкого к разрабатываемому, автор рассматривал Zenithair STOL CH 801) было решено предложить проект, который бы не отличался принципиальной новизной (хотя компоновку машины можно назвать оригинальной), но имел бы ряд выгодных особенностей. В первую очередь, самолет отличается повышенной технологичностью за счет простых внешних обводов и форм несущих поверхностей в плане, что позволяет существенно сэкономить на себестоимости призводства планера. Далее, ЛА отличается повышенной безопасностью, чего удалось достичь путем применения быстродействующей парашютной системы (БПС), обеспечивающей спасение всего ЛА с экипажем и пассажирами, системы пожаротушения и принципа программируемого разрушения при грубой посадке. Особенно эффективна работа БПС при разрушении самолета в воздухе (покидание 4-х местного самолета при потере части крыла практически невозможно из-за больших угловых скоростей вращения). Вместе с тем, машина комплектуется вполне современным оборудованием, авионикой и двигателем, что, несмотря на упрощенную конструкцию, делает ее конкурентоспособной.

При проектировании удалось получить полноценный 4-х местный самолет, который по грузоподъемности, вместительности, взлетному весу и дальности стоит на уровне машин Cessna-172/182, PZL Wilga, а по ВПХ сравним с ультралайтами и может совершать устойчивый управляемый полет на скоростях, близких к скорости сваливания своих конкурентов. Вместе с тем, применение упрощенного принципа определения парето-оптимальных параметров позволило избежать чрезмерного улучшения какого-либо одного показателя в ущерб другим. Достичь высоких характеристик на малых скоростях полета позволяет сочетание сравнительно малой удельной нагрузки на крыло, высокой тяговооруженности, рулей большой площади, обеспечивающих высокие значения управляющих моментов, крыла с толстым профилем и механизацией по всей задней кромке, обдува несущих и управляющих поверхностей струей от воздушного винта. Компоновка ЛА обеспечивает минимальное смещение ЦТ при различных вариантах загрузки. В заключение хочется отметить, что именно машина с невысокой скоростью полета, способная работать удаленно от аэродромной сети, может оказаться незаменимой в решении ряда специфических задач, для которых привлекается малая авиация.

Технология лазерного сверления и резки отверстий в изделиях авиастроения

Смородин Ф.К., Хайруллина Л.Р.
Научный руководитель – проф., к.т.н., Смородин Ф.К.
КНИТУ-КАИ, каф. РДиЭУ
Lraisovna88@mail.ru

В авиастроении значительное применение находят лазерные технологии для резки и обработки отверстий. Это связано с тем, что механическое сверление отверстий малого диаметра сопряжено с определёнными трудностями, степень которых возрастает при обработке современных твёрдых и жаропрочных материалов.

Травление отверстий даёт также положительные результаты, улучшая качество поверхностей отверстий и контуров заготовок, обработанных лазером. Кроме того, улучшать качество отверстий, полученных лазерной обработкой, можно последующей механической, электроэрозионной, ультразвуковой обработкой и другими методами [3].

Целью работы являлась разработка технологий лазерного сверления отверстий различных материалов авиастроения при изменении следующих параметров: мощности лазера, скорости резки, частоты импульсов, фокусного пятна, расстояния от сопла до обрабатываемой поверхности.

Эксперименты по сверлению отверстий и резке проводились на трёх материалах: из листов нержавеющей стали толщиной 6 и 12 мм марки 12Х18Н10ТМ2а, алюминия АМг5, стали аустенитного класса Ст2пк при изменении следующих параметров: мощности лазера, скорости, частоты, фокусного пятна, расстояния от сопла до обрабатываемой поверхности. В качестве технологических газов использовались кислород и для алюминия - воздух давлением 10 атм.

Сверление отверстий и вырезание деталей выполнялось на лазерном комплексе LASER CUT 5D 1,5/15, работающим в импульсном режиме излучения. Обработка результатов проводилась на оптическом микроскопе марки Karl ZEISS. Применяемые плотности излучения были в диапазоне $(0,8 \div 1,0) \times 10^{11}$ Вт/м^2. При этом глубина отверстия и его форма зависят от фокусного расстояния линзы, положения фокальной плоскости относительно поверхности заготовки, энергии излучения и других факторов. В зависимости от технологических свойств обрабатываемого материала, размеров отверстий и их точности выбирались соответствующие режимы и методы обработки.

Применялись два метода сверления отверстий: сверление отверстий одним импульсом и кольцевое сверление отверстий, то есть лазерное вырезание отверстий. При кольцевом сверлении отверстие возникает под действием нескольких лазерных импульсов. Большинство расплавленного материала вытеснялось из отверстия в направлении вниз с небольшим количеством расплава на поверхности образца с одновременным разрушением структуры металла и его прочности.

Анализ проведённых экспериментов показывает, что сверление отверстий проходит в две стадии: вначале идёт нагрев материала до температур близких к плавлению, а затем короткий лазерный импульс вместе с высоким давлением технологического газа удаляют нагретый цилиндрической формы материал с радиусом, близким к полуширине лазерного реза (b/2, мм) и удаляет его из образца. Такой механизм сверления отверстий возможен из-за сильного уменьшения прочности металлов при температурах, близких к точке плавления исследуемых образцов. Суть лазерных технологий заключается в получении оптимальных технологических показателей: ширины реза b, зоны термического влияния ЗТВ, шероховатости поверхностей Rz, Ra.

Анализ конструктивно-технологических особенностей турбокомпрессоров для многорежимных силовых установок

Судьин Д.Н.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Силуянова М.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
daniil_sudin@mail.ru

Компрессор и турбина воздушно-реактивного двигателя - сложная газодинамическая система, характеристики которой во многом определяют облик и конкурентоспособность изделия. Он создается и совершенствуется в условиях ограничений по себестоимости, срокам создания, при растущих требованиях к ресурсу, статической и динамической прочности, газодинамической эффективности, технологичности производства, экономичности, экологическому совершенству. Конструкция компрессора и турбины выполняется с учётом назначения двигателя и должна обеспечить получение заданных характеристик, при минимальной массе и сохранении прочности и жёсткости всех деталей, простоте и технологичности их изготовления эксплуатации и ремонта.

Моделью анализа является турбореактивный двухконтурный двигатель с форсажной камерой (ТРДДФ) АЛ-31Ф.

Основная особенность этого двигателя - уникальные по своим характеристикам охлаждаемые лопатки турбины, из жаропрочных, монокристаллических материалов. За счет системы охлаждения, а так же технологии изготовления, обеспечивается высокий КПД.

Материал, технология изготовления и метод охлаждения лопаток зависит главным образом от температуры и динамических нагрузок на лопатки.

В турбине высокого давления статор состоит из 14-ти трехлопаточных литых блоков. Такая конструкция обеспечивает стабильность углов установки лопаток, снижение утечек и, как результат, больший КПД турбины в целом. Помимо этого такая конструкция гораздо технологичнее.

Рабочая лопатка турбины высокого давления литая, полая с циклонно – вихревой системой охлаждения. За счет создания закрученного потока вторичного воздуха внутри лопатки, эффективность теплообмена достаточно высока, следовательно, лопатки охлаждаются лучше, за счет чего обеспечивается высокий КПД.

В турбине низкого давления лопатки соплового аппарата спаяны в одиннадцать трехлопаточных блоков для повышения жесткости. Каждая лопатка – литая, полая, охлаждаемая. Проточная часть соплового аппарата образуется пером, а так же наружной и внутренней полками. Наружные полки лопатки центрируются по проточкам наружного корпуса с помощью буртиков. Центрирование блоков соплового аппарата осуществляется разрезным кольцом. Выступом корпуса входящим в прорези, выполненные в наружных полках, осуществляется окружная фиксация лопаток.

Рабочая лопатка турбины низкого давления литая, охлаждается радиальным течением охлаждающего воздуха. Во внутренней полости лопатки размещены штыри – турбулизаторы, 11 рядов по 5 штук, соединяющие спинку и корыто лопатки. За счет периферийной бандажной полки с гребешком лабиринтного уплотнения, обеспечивается меньший радиальный зазор, и как результат больший КПД турбины и меньшие вибрационные нагрузки в рабочих лопатках.

Все вышеперечисленные особенности конструкции турбины позволяют получать весьма высокие значения различных параметров: степень сжатия воздуха $\pi_к$=23 и температура газа перед турбиной $T_г$=1600-1700 К и др, а оптимальные габариты конструкции позволяют получать высокую тягу при наименьшей массе.

Численный метод проектирования авиационной конструкции в MSC Patran

Сухинин М.В.
МАИ, каф. ТПЭЛА
Misha_Suhinin@inbox.ru

Вопрос расчета несущей способности авиационных конструкций является актуальным и на сегодняшний день. На достаточность несущей способности указывает коэффициент запаса прочности (n). В данной работе этот коэффициент определялся через напряженно-деформированное состояние (НДС), возникающее в конструкции под действием приложенных нагрузок. Коэффициент запаса прочности определяется через отношение разрушающей силы к расчетной силе, действующей на конструкцию. Величина n должна быть больше единицы.

Авиационные конструкции относятся к разряду тонкостенных, основным их базовым элементом является пластина. В тонкостенных конструкциях наблюдается потеря устойчивости стенки, но несущая способность стенки выше значения, при котором она теряет устойчивость, поэтому следует учитывать и геометрическую нелинейность.

В пластинах, подверженных сдвигу, достаточно часто используют промежуточные ребра жесткости для повышения их устойчивости. Такие конструктивные решения характерны для стенок лонжеронов и нервюр, работающих в основном на сдвиг. Если промежуточные ребра достаточно жесткие на изгиб, то они разбивают исходную пластину на несколько изолированных пластин с другим соотношением сторон по сравнению с первоначальным, что ведет к изменению $\tau_{кр}$.

В работе на примере стенки лонжерона, исследуется вопрос расчета ее закритического состояния. Расчётная модель представляет собой рассматриваемый участок лонжерона, смоделированный в виде консольной балки. В работе приведены результаты исследований при двух вариантах моделирования стенки лонжерона с одинаковыми граничными условиями и действующими нагрузками. Дано сравнение с результатами аналитического расчета в программе «Раскон» (Расчет конструкций [Раскон] – справочно-информационная и вычислительная система. Производит расчет разрушающих касательных напряжений в сдвиговой стенке, подкрепленной стойками, посредством последовательного ввода данных: геометрических характеристик, материала и граничных условий. Методика расчета основывается на работах П.Куна и Г.Хертеля).

Первый вариант (beam): стенка задана shell элементами, пояса и стойки заданы элементами типа beam.

Второй вариант (shell): стенка, пояса и стойки заданы shell элементами.

По результатам работы определен наиболее оптимальный вариант построения расчетной модели. В рамках возможностей нелинейного анализа выполнены расчетные исследования закритического деформирования изотропных стенок лонжерона. Получено хорошее согласование результатов решения одного из вариантов моделирования стенки с аналитическим решением.

Таблица 1. Сравнение результатов расчета.

	$F_{разр}$, $F_{действ}$=10000 (кгс)	$\tau_{кр}$, кгс/мм^2	$\tau_{разр}$, кгс/мм^2	$\sigma_{экв\ мах}$ кгс/мм^2	n
МКЭ (Beam)	13700	10.894	21.323	44.1	1.37
МКЭ (Shell)	12550	10.505	19.533	44.0	1.26
«Раскон»	12455	9.986	19.385		1.25

Полученные в результате работы данные и используемая методика позволяют провести исследования по оптимизации стенок силовых и не силовых элементов. Под оптимизацией понимается уменьшение массы конструкции без изменения несущей способности.

Анализ сотовых панелей крыла легкого самолета, выполненных из различных конструкционных материалов

Трусова Ю.А.
Научный руководитель – ст.преп.каф 101 Плыкин Е.И.
МАИ, каф. 101
TruJuli@yandex.ru

Для анализа сотовых панелей крыла легкого самолета были выбраны следующие варианты:

1. клееная сотовая панель из алюминиевого сплава с обшивкой из Д16Т;
2. клееная сотовая панель из стеклопластика с обшивкой из стеклоткани Т-10-14;
3. клееная сотовая панель из углепластика с обшивкой из КМУ-4Э,01П;
4. клееная сотовая панель из высокомодульного углепластика КМУ-7Л;

Для расчетного случая были выбраны следующие исходные параметры:

1. Распределенная нагрузка по контуру панели;
2. Длина и ширина панели.

Используя для расчета прочности на сжатие и сдвиг данных панелей методику А.А.Акименко [1] и А.И.Ендогура[2], находим параметры сотовых панелей (толщина обшивок, высота сотового заполнителя, параметры ячейки сотового заполнителя, толщина стенки сот).

При анализе полученных геометрических параметров панелей были получены следующие их характеристики массовые, стоимостные.

Сравнение полученных вариантов панелей проводилось по следующим критериям:

1. Масса 1 кв.м. панели;
2. Соотношения толщин обшивок;
3. Соотношение высот сотового заполнителя;
4. Соотношения масс обшивок и масс панелей;
5. Стоимости панелей;

a. Затрат на производство;
b. Затрат на материалы.

В результате анализа результатов расчетов был рекомендован оптимальный выбор конструкционных материалов для сотовых панелей крыла легкого самолета в зависимости от стоимости и трудозатрат.

Проектирование комбинированных баллонов высокого давления с учётом взаимодействия металлической и композиционной оболочек

Филимонова Т.В., Шишкин А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Трутнев Н.С.
МАИ каф. АОиАТП
filimon2510@mail.ru

С развитием композиционных материалов (КМ) появилась возможность снижения массы изделий путем уменьшения доли металла в конструкции, что нашло отклик в металлокомпозитных баллонах высокого давления. В настоящее время в авиационной промышленности применяются металлокомпозитные баллоны с несущей стальной оболочкой, армированной стеклопластиком, обеспечивающим безосколочность разрушения. Основным недостатком данной конструкции является избыточная масса вследствие применения большого количества металла.

В работе рассматриваются вопросы проектирования облегченных баллонов для летательных аппаратов, имеющих тонкостенную герметизирующую оболочку (лейнер) и силовую оболочку из КМ на основе современных высокопрочных и высокомодульных волокон.

Вследствие анализа нормативной документации сформулированы требования к проектированию металлокомпозитных сосудов высокого давления авиационной отрасли. Проведен анализ существующих подходов к проектированию металлокомпозитных

баллон других отечественных производителей, с учетом этого предложены несколько вариантов конструкций облегченных металлокомпозитных баллонов высокого давления, в зависимости от материала и способа изготовления лейнера. Для изготовления силовой композиционной оболочки рассматриваются углеродные и арамидные волокна различных марок.

Расчет металлокомпозитных баллонов сводится к определению толщин композиционного материала в различных направлениях, основными критериями расчета являются запас прочности и деформации при рабочем давлении. Композиционные слои рассчитываются как количество витков в меридиональном и кольцевом направлениях. Данный подход позволяет в качестве основных характеристик КМ использовать характеристики волокон, такие как прочность в микропластике и модуль упругости.

Основное внимание уделяется расчету по деформациям, поскольку этот параметр отвечает за циклическую стойкость баллона, которая ограничивается усталостным разрушения материала лейнера. Рассматривается взаимодействие композиционной и металлической оболочек под действием технологических операций (намотка с натяжением ленты, автофретирование) и последующей рабочей нагрузки баллона.

Проведены экспериментальные работы, подтверждающие обоснованность принятых допущений, в ходе которых были выявлены особенности поведения органопластика в металлокомпозитном баллоне при испытаниях на циклическую стойкость.

Учебно-тренировочный самолёт с электрической силовой установкой

Шепеляев А.А.
МАИ, каф. 101
kudri.fm@gmail.com

На сегодняшний день стоимость содержания и обслуживания самолёта общего назначения, а также цена на обучение – это очень сильный отпугивающий фактор для тех, кто хочет летать, что в свою очередь сильно тормозит развитие частной авиации, а впоследствии и персонализацию авиатранспорта.

Решение проблемы дороговизны и сложности эксплуатации мы увидели в электрическом самолёте, а именно в самолёте с электрической силовой установкой, такой самолёт будет обладать рядом преимуществ перед самолётом с ДВС. Такие качества как большая энергоэффективность электродвигателя, его надёжность и простота в совокупности с уменьшенной нагрузкой на экипаж, дешевизной энергоносителя делают самолёт с электрической силовой установкой перспективным.

Но, к сожалению, существует ряд минусов у такой концепции, которые затрудняют персонализацию электросамолёта. Задача нашей команды адаптировать эти минусы под поставленные задачи и превратить их в плюсы. Такой недостаток как плохая работа аккумуляторов типа LiPo на низких температурах можно решить за счёт установки в корпус аккумуляторов нагревательных элементов и кулеров для охлаждения; большое время заряда батареи, которое увеличивает время нахождения самолёта на земле, решается быстросъёмными аккумуляторами, в такой концепции требуется только заменить разряженные аккумуляторы и практически без заминок продолжить полёты.

Самый главный недостаток – это малое время полёта. На сегодняшний день с удельной ёмкостью аккумуляторов можно добиться чуть больше часа полёта, что очень мало по сравнению с самолётами с ДВС. Этот факт делает практически неосуществимой идею о персонализации авиатранспорта путём электрификации. Конечно, нет сомнений, что с каждым годом технологии развиваются и время нахождения в воздухе электросамолёта будет расти, но это в недалёком будущем. Встает вопрос: а как сейчас можно эффективно использовать электросамолёт со всеми его преимуществами перед обычными самолётами и недостатком в малом времени пребывания в воздухе?

Решение – обучение частных пилотов. Мы предлагаем внедрить электросамолёт в программу обучения, что позволит летать простые упражнения на электросамолёте, а более длинные по времени упражнения курсанты будут выполнять на самолёте с ДВС.

Очевидно, что проектирование самолета «с нуля» является очень долгим процессом, во многом непосильным для студентов и привело бы к затягиванию реализации проекта на 5-7 лет.

Решение этой задачи мы нашли в ремоторизации уже существующего самолёта, что позволяет уменьшить время на реализацию проекта. Все знания, которые мы получим в работе над проектом ремоторизации, лягут в основу чисто электрического самолёта.

Сейчас нами уже выполнен расчёт необходимой массы аккумуляторов, он позволил нам определить габариты аккумуляторов и их тип. Расчёт потребной мощности на каждом режиме в свою очередь позволил нам подобрать электродвигатель. Также выбрана схема моторамы, подходящая под размещение в ней аккумуляторов.

В ближайшем будущем мы планируем завершить экономический расчёт, изготовить несколько моторам для проверки их на прочность и гонки на ней двигателя. Также на стендах будет уточняться оптимальность формы и состав комплектующих.

Сравнение весовой эффективности силовых схем фюзеляжа БПЛА в зоне стыка с крылом

Шилимов К.Г.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Болдырев А.В.
Самарский университет, каф. КиПЛА
kshilimov@mail.ru

Весовая эффективность летательных аппаратов во многом зависит от совершенства способа передачи усилий в конструкции, и, следовательно, от рациональности выбора конструктивно-силовой схемы (КСС). Одним из путей повышения эффективности летательных аппаратов является поиск новых технических решений. Процесс поиска рациональной КСС получил название топологической оптимизации.

Наиболее нагруженной зоной в конструкции самолёта является стык фюзеляжа с крылом, для которого характерны большие градиенты напряжений и усилий. Задачей настоящего исследования является оценка весовой эффективности разных вариантов КСС в зоне стыка крыла и фюзеляжа на примере беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Планер БПЛА представляет собой свободнонесущий моноплан с верхним расположением крыла классической аэродинамической схемы. Максимальная взлётная масса аппарата составляет 45 кг. В качестве расчётного случая рассмотрено совместное действие воздушных и инерционных сил при полёте БПЛА с максимальной перегрузкой.

Топологическая оптимизация объекта исследования с учётом ограничений по прочности выполняется на основе конечно-элементной модели тела переменной плотности, предложенной В.А. Комаровым [1]. Модуль упругости и допускаемое напряжение материала в этой модели линейно зависят от его плотности. Целевой функцией является масса конструкции. В качестве проектных переменных используется плотность материала.

В задаче топологической оптимизации конструкции БПЛА внешние геометрические ограничения конструкции определяются аэродинамическими обводами. Рассмотрено два варианта внутренних геометрических ограничений. В первом варианте доступный для размещения силовой конструкции объём фюзеляжа определяется компоновочными ограничениями, учитывающими размещение центроплана. Такое конструктивное решение в настоящее время применяется на большинстве самолётов. Во втором варианте внутренние геометрические ограничения на размещение элементов силовой конструкции в фюзеляже не накладываются.

В среде программного продукта *Femap with NX Nastran* разработаны конечно-элементные модели, реализующие рассматриваемые варианты геометрических ограничений. Количество объёмных элементов типа SOLID в первой модели составило 53 тыс., во второй модели – 116 тыс.

В результате проведения оптимизации распределения материала в модели переменной плотности получены теоретически оптимальные конструкции для каждого варианта внутренних геометрических ограничений и предложены различные варианты

КСС. Выполнена оценка весовой эффективности этих вариантов по критерию силового фактора *G* [2], учитывающего величину внутренних усилий в конструкции и протяжённость их действия. Выявлена возможность повышения весовой эффективности конструкции БПЛА с центропланом примерно на 28 % за счёт модификации КСС.

Исследование аппаратного комплекса прозрачного корпуса летательного аппарата

Ястребов Д.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Федоров А.А.
ИАТУ УлГТУ, каф. Самолетостроение
salorivty@gmail.com

Главная идея, помимо избавления от иллюминаторов, заключается в съемке внешними камерами самолета и отображении этой картинки на особенных мониторах, которые вмонтированы в стены и потолок самолета. Каждый иллюминатор – это лишний вес, и в пассажирских самолетах их много. Так почему бы не заменить их мониторами, которые будут в разы больше, легче и в любом месте.

О самой идеи всерьез заговорили в 2012 году. На Парижском авиашоу Airbus уже презентовал концепт пассажирского авиалайнера с вмонтированными мониторами по всему салону. А в 2014 году дизайнерская студия Technicon Design предоставляет проект IXION Windowless Jet Concept. Но ни Airbus, ни Technicon Design не рассказали каким образом они собираются это реализовать.

Возможно, сейчас вы задаетесь вопросом «что сложного, чтобы поставить монитор за место иллюминатора»? Дело в том, что такой монитор должен быть необычным. Это экран, в котором при изменении позиции зрителя отображается другой ракурс изображения. А позволит это сделать технология, придуманная в 50х годах XX века – автостереоскопический показ, а именно автостереоскопическое покрытие. Ее суть в использовании специальной поверхности с микролинзами, которая находится перед экраном. Благодаря разному преломлению света в микролинзах под разными ракурсами видны лишь определенные точки экрана.

Около 50 лет данная технология была только на бумаге. Но в 2000 – 2001 гг. ее решили использовать в телевизорах, чтобы при коллективном просмотре каждый смотрел что хотел. На тот момент покрытие делило изображение всего на 4 сектора только по горизонтали. Из-за малого разрешения изображения и высокой стоимости такие телевизоры пользовались малым спросом. В 2014 году попытались повторить эксперимент, но не разделяя изображение, а увеличивая яркость для каждого сектора просмотра. Это было необходимо, чтобы смотреть 3D фильмы дома без очков, не теряя при этом яркости и сочности картинки под углами. Но на тот момент уже существовали более простые и дешевые виды подсветки матрицы телевизоров. Технологию снова забыли.

В настоящий момент можно создать автостереоскопическое покрытие с 9 секторами в плоскости и сами экраны с большим разрешением при компактном размере (5000x5000 пикселей на 30 дюймах). Для реализации задуманного понадобятся камера, а также вычислительная система, которая будет в режиме реального времени выделять из камеры отдельную область и выводить ее на нужные точки матрицы (до 27 изображений на один экран одновременно).

В итоге мы имеем перспективную технологию, относительно простую в реализации, наибольшую сложность которой представляет доработка и поставка на конвейер автостереоскопической поверхности. Ее реализация позволит упростить и ускорить производство самолетов. Пассажиры получат совсем другие впечатления от полёта. И самое главное – уменьшится вес самолета.

Иллюминаторы использовались с момента изобретения самолета. Настало время что-то менять.

Корпоративная сеть для организации PDM и PLM систем современного машиностроительного производства с применением беспроводных технологий

Ахмадиев А.Ф., Смирнов Б.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Усанов А.И.
КНИТУ-КАИ, каф. РЭКУ
Gallimov26@yandex.ru

В настоящие время современные промышленные предприятия уже активно используют в работе беспроводные сети. Современное промышленное предприятие — это множество взаимодействующих процессов и производств, цеха, административные здания, а зачастую и удалённые участки. Установка беспроводной сети на предприятии действительно поможет связать все процессы в один рабочий процесс и сделает его более гибким и удобным, оптимизируя производственные процессы в организации. Повышение производительности организации, использующей беспроводные сети, достигается за счёт более эффективного использования рабочей силы, а также офисного пространства, и даёт возможность работать сотрудникам там, где они нужны, а не только за офисным столом.

В данной работе разработано решение организации корпоративной сети на современном промышленном предприятии, которая обеспечит доступ к информационным базам данных PDM и PLM систем, а также связь между сотрудниками внутри одного цеха и при необходимости с общей корпоративной сетью. Сеть обеспечивает быстрый обмен данными и поддерживает скорость передачи данных необходимую для реализации сетевого доступа к электронной CAD документации в пределах зоны покрытия сети площадью 80000 м².

Разработанная мной гибридная корпоративная информационно-телекоммуникационная сеть для организации PDM и PLM систем превосходит традиционную проводную сеть в масштабируемости, простоте монтажа, мобильности рабочего места, окупаемости, надёжности, а также в скорости работы и передачи данных. Данное решение может быть использовано в качестве формализации критериев оптимальности и принципов разработки типовой архитектуры и структуры беспроводных технологий, оптимизированных под управление производственными процессами наукоёмкого машиностроительного производства.

Методика автоматизированной обработки и анализа информации при испытаниях современных истребителей, применяющих управляемые ракеты

Литвинова Д.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Харьков В.П.
Экспериментальная мастерская Наукасофт
diality@rambler.ru

Основной задачей управляемых ракет класса «воздух-воздух» (УР ВВ) является поражение воздушной цели (ВЦ), в свою очередь, основная задача самолета-носителя(СН) заключается в наведении на ВЦ и точной передаче информации о СН и ВЦ в ракету в каждый момент времени.

Для обеспечения ракеты необходимой информацией, называемой полетным заданием (ПОЗ), данные о СН и ВЦ, полученные от навигационных систем, а так же систем обнаружения и распознавания воздушной цели,поступают в бортовую цифровую вычислительную машину (БЦВМ), где на базе первичных данных рассчитываются параметры, необходимые для формирования ПОЗ, после чего отправляются в блоки систем управления оружием (СУО), где конвертируются в формат, необходимый для ракеты, и далее передаются на ракету.

Получаемые в летных экспериментах данные, регистрируемые на штатные накопители: средства объективного контроля (СОК), средства видеорегистрации (СВР),средства бортовой информации (СБИ) подлежат экспресс-анализу.

Поскольку информация, поступающая на ракету, есть результат преобразования первичных данных, полученных от датчика, то для оценки точности параметров, транслируемых в ракету, необходимо проводить дополнительный пересчет начальных данных.

В связи с этим, был разработана методика пересчета углов ЦУ.

Согласно разработанной методики, вычисляются углы целеуказания (ЦУ)для УР ВВ с ТГСН в установочной антенной системе координат с началом в точке подвески. Значения углов различны для разных точек подвески. Различие обусловлено разными значениями базового смещения ТП по оси Z, а также составляющими углов перехода от системы координат, связанной с самолётом к системе, связанной с ракетой.

Данный расчет позволяет оценить точность формирования углов ЦУ на дозвуке, где углы закручивания сечения крыла в точках подвески АСП на единицу перегрузки равны нулю.

При ведении маневренного боя на сверхзвуковых скоростях, необходимо учитывать перегрузки и коэффициенты упругой деформации крыла самолета в местах установки АСП по тангажу и крену.

Учет всех коэффициентов, позволяет повысить точность оценки формирования углов ЦУ в составе полетного задания, выдаваемого на ракету.

Данный алгоритм был использован при создании ПМО, которое позволяет не только получить расчетные значения углов ЦУ, но и оценить СКО каждого угла ЦУ в графическом и числовом виде.

Таким образом, созданное ПМО на базе разработанной методикиоценки формирования углов ЦУ для УР ВВ с ТГСН позволяет:

- определить правильность формирования ЦУ не только в ДБВ АТ, но и при ведении ближнего маневренного боя с высокими перегрузками и на сверхзвуковых скоростях, где необходимо дополнительно учитывать углы скрутки крыла;
- получить СКО рассчитанных значений и значений, принимаемых ракетой,
- оперативно отреагировать и устранить ошибки в формировании ПОЗ, полученные в ходе летных экспериментов;
- сократить временные затраты на проведении анализа, наземных и натурных работ.

О разработке информационной автоматизированной системы «Иллюстрированный электронный каталог», как подсистемы интегрированной логистической поддержки

Макеев А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н., Александрова С.С.
МАИ, каф. ТПРЭС
Kochebnic@gmail.com

В настоящей работе рассматриваются вопросы создания системы «Иллюстрированный электронный каталог». Опыт подготовки контрактных и тендерных документов на поставку зарубежным странам российской техники показывает возрастающие требования иностранных заказчиков к использованию современных средств информационной поддержки поставок на основе CALS-технологий.

В качестве основного прикладного инструмента для точной идентификации изделий при заказах имущества рассматривается иллюстрированный электронный каталог на финальный образец техники. В интересах деятельности предприятия, как поставщика техники, разрабатывается программное средство для создания иллюстрированных электронных каталогов предметов снабжения для финальных образцов экспортируемой техники.

Главными задачами, решаемыми в процессе этой работы, являются:

– анализ существующих информационных технологий каталогизации, системы заказов и обработки рекламаций;

– анализ требований российских и международных стандартов по составу и структуре информационных каталогов;

– разработка требований к сервису «Иллюстрированный электронный каталог»;

– разработка системы входных и выходных форм сервиса «Иллюстрированный электронный каталог»;

– разработка программной и эксплуатационной документации к сервису «Иллюстрированный электронный каталог».

Разрабатываемая система обеспечит возможность поддержки информации в каталогах в актуальном состоянии в течении всего жизненного цикла изделий. Использование системы обеспечит решение задач по ведению централизованного хранилища электронных каталогов поставляемой на экспорт техники, а также возможность многократного использования информации по каталогам или их составных частей для различных проектов поставки продукции на экспорт.

Применение системы позволит интегрировать на единой прикладной платформе процессы подготовки данных для каталогов, их оформление в соответствии с заданными требованиями, передачи и непосредственного использования эксплуатирующими службами иностранных заказчиков.

Система «Иллюстрированный электронный каталог» позволит:

– формировать иерархическое древо конструкции изделия;

– вводить и корректировать данные по элементам каталога в соответствии с заданными шаблонами;

– хранить информацию о результатах каталогизации в соответствии с международными стандартами;

– обеспечить удобный механизм поиска и отбора информации по элементам каталога;

– экспортировать и импортировать информацию для обеспечения обмена данными между модулями системы, а также получать информацию от внешних источников.

Вышеуказанная система позволяет автоматизировать процесс каталогизации, ускорить процесс добавления новых предметов снабжения, избежать дублирования информации в различных форматах.

Разработка российских магистральных самолётов 21 века

Менлямбетова Э.К.,Яндаева К.А.
Научный руководитель – к.т.н., с.н.с. Торопов В.А.
Филиал «Взлёт» МАИ, каф. А11
yandaevak1997@mail.ru

Магистральный самолёт 21 века (МС-21) является новой российской разработкой, конкурентоспособной с современными разработками ведущих зарубежных корпораций, таких как “Боинг” и “Аэрбас”.

Очень важный этап - это отработки системы управления самолетом и систем защиты. Система защиты призвана обеспечить безопасность пассажиров даже в том случае, если пилот по какой-то причине перестал принимать решения. Автомат в этих случаях должен вовремя исправить ошибку пилота. В разработке находятся и две другие защитные системы: от выхода на большую скорость и система защиты по крену и тангажу - это угол набора высоты, который для удобства пассажиров не должен превышать 30 градусов.

Главная изюминка самолёта - композитное крыло. Оно изготавливается цельным элементом с помощью технологии вакуумной инфузии. Благодаря такому крылу МС-21 сможет парить в воздухе, снижая нагрузку на двигатели. Это позволило создать крыло с удлинением 11,5. Оно изготовлено из полимерных композиционных материалов. Вообще, уровень использования композитов в МС-21 - свыше 30%, что уникально для широкофюзеляжных самолётов.

У перспективного двигателя ПД-14 меньше расход топлива, в результате примерно на 15% ниже стоимость жизненного цикла, при этом он отличается высокой надежностью, меньшими показателями шума и эмиссии.

Самолёт имеет самый широкий в своём классе фюзеляж. Для пассажиров - это повышенный комфорт, а для работы аэропортов - сокращение времени посадки и высадки пассажиров. Салон первого лётного МС-21 будет собираться в подмосковном Жуковском, после перелёта туда из Иркутска, где сейчас находится самолёт.

Пока компания «Иркут» планирует к 2020 году выйти на уровень производства 40 МС-21 в год. В то же время, по мнению специалистов, точка окупаемости российского самолета лежит в районе 300 - 400 машин. То есть, даже если план по выпуску и продажам МС-21 удастся выполнить на 100%, окупить все вложенные в этот проект средства удастся только после 2030 года.

Вывод: применяемые современные уникальные технологии, композитное крыло большого удлинения, большие внутренние объёмы, высокий уровень комфорта и сравнительно низкая цена делают среднемагистральный самолет МС-21 привлекательным как для внутреннего, так и для внешнего рынков.

Совершенствование методики анализа эффективности эксплуатации и ремонта боевой авиационной техники

Перекатов В.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Чернышева Г.Н.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 71
sgs206@mail.ru

Чтобы вскрыть резервы повышения эффективности эксплуатации и ремонта боевой авиационной техники (БАТ) можно использовать классические приёмы детерминированного факторного анализа. Как известно, применение детерминированного факторного анализа требует формирования системы показателей, на основе которых можно получить количественную оценку насколько эффективно осуществляется процесс эксплуатации и ремонта БАТ. С точки зрения теории детерминированного факторного анализа каждый показатель такой системы будет выступать моделью взаимосвязи между уровнем эффективности эксплуатации и ремонта БАТ и факторами, которые оказывают на неё влияние.

При применении методики детерминированного факторного анализа эффективности эксплуатации и ремонта БАТ, основной проблемой выступает отсутствие сформированной системы технико-экономических показателей для оценки эффективности эксплуатации и ремонта, что и определяет актуальность выполненного исследования.

По мнению авторов, такая система показателей должна включать три подсистемы, формируемые по направлениям, имеющих специфику влияния на эффективность эксплуатации и ремонта:

1. подсистема показателей, характеризующих состояние материально-технической базы объектов, осуществляющих эксплуатацию и ремонт БАТ;

подсистема тактико-технических (ТТХ) и лётно-технических (ЛТХ) характеристик БАТ;

подсистема показателей, характеризующих уровень и качество эксплуатации и ремонта БАТ.

Для анализа и оценки состояния материально-технической базы объектов, осуществляющих эксплуатацию и ремонт БАТ, авторами предлагается использовать:

1) показатели оценки состояния анализируемых объектов. Сюда должны быть включены показатели физического и морального износа, технического совершенства используемого оборудования, прогрессивности используемых материальных ресурсов; показатели, характеризующие качество персонала, занятого эксплуатацией и ремонтом.

2) показатели обеспеченности материально-техническими ресурсами, такие как стабильность поставок, оптимальность запасов и т. п.

3) показатели эффективности использования материально-технической базы.

Показатели, входящие в подсистему ТТХ и ЛТХ боевой авиационной техники следует рассматривать с позиций их влияния на степень достижения поставленных целей применения БАТ.

Подсистему показателей для анализа и оценки уровня и качества эксплуатации и ремонта БАТ предлагается подразделить на два блока:

1. показатели оценки навыков лётного состава, например, оценка уровня знаний объекта авиационной техники, и т. п.;

2. показатели эксплуатационной технологичности, включающие: показатели надёжности и безотказности; показатели режима работы авиационной техники, продолжительность её бесперебойной работы; показатели стандартизации и унификации.

Сформированная система показателей будет служить основой для проведения анализа и оценки эффективности эксплуатации и ремонта боевой авиационной техники, и выявления резервов её повышения.

Направление «Ракетно-космические системы»

Секция «Анализ и синтез аэрокосмических систем»

Решение задачи синтеза системы стабилизации методом «бэкстеппинг» на примере беспилотного летательного аппарата типа конвертоплан

Баринов А.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н Малышев В.В.
МАИ, каф. 604
alphard.ayer@gmail.com

Конвертоплан – летательный аппарат с поворотными винтами, которые на взлёте и при посадке работают как подъёмные, а в горизонтальном полёте – как тянущие (при этом в полете подъёмная сила обеспечивается крылом самолётного типа). Большие винты конвертоплана помогают ему при вертикальном взлете, однако в горизонтальном полете они становятся менее эффективными по сравнению с винтами меньшего диаметра традиционного самолета.

В некоторых конструкциях используют не открытые винты, а импеллеры. Импеллер обладает очень высокой скоростью отбрасываемого воздушного потока, что позволяет обойтись очень маленькими крыльями, обеспечивая высокую компактность конвертоплана. В данной работе рассматривается четырехроторный конвертоплан с четырьмя поворотными импеллерами, расположенными на концах крыльев, которые жестко прикреплены к фюзеляжу. Данный аппарат обладает преимуществами вертолета и способен осуществлять вертикальный взлет и посадку при помощи импеллеров, в то же время он имеет возможность полета в горизонтальном режиме подобно самолету, обеспечивая подъемную силу крыльями самолетного типа.

Импеллер – лопаточная машина, заключённая в кольцо. Такая конструкция позволяет существенно снизить перетекание воздуха на концах лопастей и тем самым снизить потери мощности на индуктивном сопротивлении. Кроме того, кольцо позволяет несколько снизить шумность воздушного винта. Импеллер включает воздухозаборник, ротор, двигатель, раму крепления двигателя и статор. Воздух затянутый в импеллер выходит под давлением с высокой скоростью, за счет чего возникает реактивная тяга (удельный импульс).

Четырехроторный конвертоплан имеет три основных полетных режима: горизонтальный, вертикальный и переходный режимы. В вертикальном режиме импеллеры расположены под углом в 90 градусов относительно поверхности Земли, синхронное изменение скоростей вращения всех импеллеров поднимает аппарат в воздух, реализуя тем самым возможность вертикального взлета и посадки.

Для осуществления маневров в вертикальном режиме полета необходимо выполнить задачу стабилизации БПЛА по каналам тангажа и крена. В настоящей работе производится синтез такой системы стабилизации для четырехроторного конвертоплана с зафиксированными в вертикальном положении импеллерами с использованием метода «бэкстеппинга».

Бэкстеппинг (backstepping) – это рекурсивная процедура, в которой совмещены задачи нахождения функции Ляпунова и соответствующего закона управления. Метод был предложен П.Кокотовичем в 1990 г. Согласно этому методу, задача разработки закона управления для всей системы разбивается на последовательность соответствующих подзадач до подсистем меньшего порядка. Метод «бэкстеппинга» часто позволяет сравнительно легко решить задачи стабилизации и слежения с использованием робастного управления в условиях менее ограничительных, чем в случае использования методик таких как метод ляпуновского синтеза, метод скользящего режима, метод нелинейного демпфирования и другие.

Проверка работоспособности разработанного регулятора проводилась с помощью математического моделирования, программная реализация которого выполнена на языке C++, графики созданы с помощью Gnuplot.

Сравнительный анализ действующих и перспективных транспортных пилотируемых космических кораблей

Батиков А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Торпачев А.В.
МАИ, каф. СК
sanek_batikov@mail.ru

В настоящее время пилотируемая космонавтика имеет одно из ключевых значений в развитии науки и техники. Множество экспериментов, проводимых на орбите, играет важную роль и осуществляет огромный вклад в развитие всех отраслей, в особенности в области космической медицины – изучение влияния различных факторов в процессе пребывания в космосе на организм человека, такие данные можно получить, только осуществляя пилотируемые полёты.

Существует огромное разнообразие космических кораблей как отечественных, так и зарубежных. Многие из них остались на стадии проектирования, многие уже вышли из эксплуатации.

На сегодняшний день пилотируемые пуски могут осуществлять только две страны – Россия и Китай. В эксплуатацию введены и успешно применяются в космонавтике российские транспортные пилотируемые корабли «Союз» и китайские – «Шэньчжоу».

Также сейчас интенсивно ведется разработка транспортных пилотируемых кораблей нового поколения различными компаниями мира, которые закладывают в них новые требования, например, такие как:

– многоразовое использование с минимальными восстановительными работами после возвращения;

– осуществление полётов не только на околоземные орбиты, но и к Луне;

– увеличение числа космонавтов (астронавтов);

– унификация, т.е. осуществление одним космическим кораблём как пилотируемых, так и грузовых полётов и т.д.

В своей работе я провёл сравнительный анализ действующих транспортных пилотируемых космических кораблей России и Китая, из которого можно увидеть не только их многочисленные сходства, но и различия. Также были собраны и сопоставлены данные по находящимся в разработке в настоящее время транспортным пилотируемым кораблям с отечественной «Федерацией», из чего можно наблюдать перспективы, открываемые Российским космическим кораблём, относительно мировых конкурентов.

Основные концепты способа доставки ресурсоёмких астероидов к Земле

Бобров А.А., Демин Г.Р., Никитин Е.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Зернов В.И.
МАИ, каф. 601
gregorydemin@yandex.ru

Освоение космоса – давняя мечта всего человечества. Несомненно, рано или поздно, человек покорит околосолнечное пространство. Но такие прорывы достаточно ресурсоёмки, из-за чего у людей могут возникнуть серьёзные трудности: вывоз ресурсов в космос с Земли – очень дорогостоящее и низкоэффективное решение – известно, что жидкостные ракетные двигатели, которые обещают остаться основным типом ракетных двигателей в ближайшие десятилетия, обладают сравнительно низким КПД. Недра же самой планеты порядком истощены, вследствие чего в мире может наступить промышленный голод, благодаря которому не только о космических стремлениях, но и о многом другом придётся забыть.

Намного выгоднее добывать ресурсы в околосолнечном пространстве, непосредственно на астероидах – космических булыжниках, находящихся в большом количестве на орбитах между Марсом и Юпитером. Они отличаются друг от друга по многим параметрам – размерам, орбитальным характеристикам, химическому составу и пр. Наиболее полезными будут металлические астероиды, поскольку запасы металлов на Земле не безграничны, а объёмы общемирового промышленного производства продолжают расти. Единственная трудность, стоящая на пути между людьми и космическими ресурсами – неумение их добывать.

Для решения этой проблемы можно применить следующий метод: к искомому астероиду будет направлен КА с аппаратом бурения, несущий термоядерную боеголовку. После посадки на астероид, заряд будет заложен в выбуренной шахте так, чтобы вектор, проведённый из глубочайшей точки шахты до поверхности был сонаправлен и коллинеарен вектору скорости астероида. В расчётной точке совершается взрыв, после чего астероид сходит со своей орбиты и отправляется к Земле по Гомановской траектории.

Далее имеется вариативный исход событий. Если диаметр астероида более 100 метров, его подлежит оставить на околоземной или окололунной орбите, где он будет ожидать промышленной обработки. Всякий астероид диаметра меньшего, либо равного 100 метрам можно обрушить на Землю в ненаселённые районы, без причинения серьёзного ущерба - к примеру, в пустыню Сахара, центральную часть Австралийского материка или тундростепи Канады и России. В результате будем иметь богатейшее месторождение чистых металлов, пригодных для промышленного использования.

Предположим, что у нас имеется сферический астероид из чистого железа, диаметром 100 метров. В нём содержится около 4 миллионов тонн металла! Разумеется, часть будет потеряна после термоядерного взрыва и торможения о земную атмосферу, но и оставшегося количества (порядка 50% от начальной массы) будет достаточно, чтобы обеспечить людские производственные мощности на годы вперёд.

В ходе исследования были произведены расчёты перелёта одного из троянских астероидов Юпитера по Гомановской траектории к Земле, количество энергии, необходимое для свода астероида с начальной орбиты, а также приблизительные потери массы астероида в процессе доставки на Землю.

Рациональный выбор значений параметров бортового информационного комплекса спутника дистанционного зондирования Земли

Буров А.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Моисеев Д.В.
МАИ, каф. 604
alexelec@mail.ru

В современных условиях естественным является стремление уже на этапе формирования облика ИСЗ дистанционного зондирования Земли обеспечить наиболее полное использование его потенциальных возможностей. Одним из показателей эффективности таких ИСЗ является количество собираемой ими целевой информации. Этот показатель существенно зависит от параметров бортового информационного комплекса ИСЗ наблюдения, то есть от производительности съемочной и передающей аппаратуры, а также емкости бортового запоминающего устройства (БЗУ). Таким образом, актуальной становится задача рационального выбора значений параметров бортового информационного комплекса ИСЗ наблюдения.

Характеристики съемочной аппаратуры достаточно жестко определяются требованиями потребителей целевой информации. Другая же пара параметров оставляет для проектантов определенную свободу выбора. При этом значения указанной пары параметров должны выбираться согласовано, поскольку они совместно влияют на результативность целевого функционирования ИСЗ наблюдения.

В докладе предложена процедура рационального выбора значений пары параметров «емкость БЗУ – производительность передающей аппаратуры» на основе

анализа результатов решения параметрической задачи моделирования сбора целевой информации спутником наблюдения. Под рациональным понимается выбор таких значений параметров, при которых наиболее полно используются возможности БИК по сбору целевой информации. Задача моделирования сводится к расчету количества целевой информации, собранной ИСЗ наблюдения за период повторения трасс. При этом используется информация о параметрах орбиты ИСЗ, характеристиках его БИК, а также данные о расположении и характеристиках пунктов приема информации (ППИ). При моделировании отдельные районы наблюдения не выделяются. Считается, что снимать требуется всю поверхность суши и/или моря в зависимости от назначения ИСЗ. Таким образом моделируются предельно возможные для данного ИСЗ потоки целевой информации.

Решение параметрической задачи находится путем многократного расчета информационных потоков для множества пар значений варьируемых параметров. Полученное решение отображается на плоскости с координатами «емкость БЗУ – производительность передающей аппаратуры» в виде множества линий уровня, каждая из которых соответствует определенному значению критерия.

Было установлено, что получаемая картина линий уровня имеет определенную специфику. Благодаря ей оказалось возможным определять для фиксированного значения одного из параметров рациональное значение другого параметра.

Используя результаты решения параметрической задачи оказалось возможным определять пары рациональных значений параметров «емкость БЗУ – производительность передающей аппаратуры. В частности, с помощью предложенного подхода удалось показать, что пара значений параметров «емкость БЗУ – производительность передающей аппаратуры» для ИСЗ Landsat-7 выбрана нерационально. Согласно проведенным расчетам объем БЗУ этого ИСЗ представляется неоправданно завышенным.

Удержание географической долготы восходящего узла спутника на геосинхронной орбите

Дмитриев С.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Малышев В.В.
МАИ, каф. 604
iquatermai@gmail.com

В работе рассматривается решение задачи удержания географической долготы восходящего узла для семейства геосинхронных наклонных орбит. С момента выведения на целевую орбиту и на всем сроке активного существования на космический аппарат воздействует множество возмущающих факторов. Для навигационных систем одним из условий их корректной работы является повторяемость трассы космических аппаратов, входящих в состав системы.

Анализ движения спутника в исследованиях по теме показал, что в результате влияния гравитационного поля Земли происходит изменение периода обращения космического аппарата. Это в свою очередь приводит к смещению трассы спутника относительно первоначального положения. С течением времени скорость смещения может как расти, так и убывать, в зависимости от начального значения географической долготы восходящего узла. Кроме того, отклонения от заданного значения периода обращения могут быть вызваны ошибкой реализации целевой орбиты. Следствием этого процесса может являться нарушение порядка космических аппаратов в группировке, что приводит к снижению целевых характеристик системы. Следовательно, требуется проведение коррекций периода орбиты космического аппарата.

В работе приведен рекуррентный алгоритм расчета корректирующего импульса на основе изменения географической долготы восходящего узла. Расчет корректирующего импульса проводится следующим образом: моделируется орбитальное движение спутника с учетом возмущений от Солнца, Луны и гравитационного поля Земли при начальной скорости дрейфа равной нулю. В основу расчета положено допущение о незначительном изменении скорости дрейфа между витками. Исходя из этого предположения, на каждом

шаге может быть рассчитана текущая скорость дрейфа на основе значений географической долготы восходящего узла на предыдущем и текущем витке, и времени между витками. При достижении заданного отклонения географической долготы производится корректирующий импульс. Величина импульса рассчитывается исходя из требования изменения знака скорости дрейфа и сохранения значения модуля скорости дрейфа. В случае, когда начальная скорость дрейфа не равна нулю, момент времени, при котором это условие выполняется, находится дополнительно.

Моделирование выполняется в среде Delphi с использованием программного комплекса Simulate+. Приведен пример решения задачи удержания долготы восходящего узла, рассматривается эволюция параметров орбиты в процессе удержания, влияние возмущений от Луны и Солнца на удержание долготы восходящего узла.

Оптимизация баллистических схем межорбитальных перелетов с использованием электрореактивной двигательной установки

Закиров А.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Малышев В.В.
МАИ, каф. 604
zakirov.anton@yandex.ru

На сегодняшний день задача развертывания и поддержания оптимального состава орбитальных группировок космических аппаратов (КА) на высоких околоземных орбитах является одной из первостепенных задач, стоящих перед космической отраслью. В связи с ожидаемым увеличением количества КА, функционирующих на высоких орбитах, а также их массы, остро встает вопрос увеличения массы полезной нагрузки, перемещаемой во время межорбитального перелета на рабочую орбиту. Одним из возможных вариантов решения данной проблемы является применение перспективных электродвигательных систем, обладающих высокими техническими характеристиками. В то время как перелеты КА с химическими ракетными двигателями большой тяги хорошо изучены, то движение по многовитковым траекториям с двигателями малой тяги требует дополнительных исследований.

Целью представляемой работы является разработка алгоритма применения приближенно-оптимальных законов управления КА при перелетах с малой тягой между некомпланарными орбитами.

Оптимизация схем перелетов формулируется как задача поиска оптимального управления вектором тяги, т.е. углов ориентации вектора тяги КА с электрореактивной двигательной установкой в плоскости орбиты и в плоскости местного горизонта. Метод решения динамической задачи оптимального управления элементами орбиты основан на использовании принципа максимума Понтрягина, позволяющего получить оптимальное решение для орбитального перелета с конкретными граничными условиями. Однако такой подход требует решения многопараметрической краевой задачи для системы уравнений большой размерности. Поэтому использован приближённый метод решения, основанный на применении принципа расширения допустимых состояний и управлений для редуцирования задачи оптимизации в строгой постановке к задаче локальной оптимизации.

Анализ эффективности полученного локально-оптимального закона совместного управления элементами орбиты (большой полуосью, эксцентриситетом и наклонением) проводится на основе расчетов, выполненных с использованием ранее разработанного программно-вычислительно комплекса. Данный комплекс включает в себя баллистическую модель движения космического аппарата с электрореактивной двигательной установкой, представляющей собой систему дифференциальных уравнений в оскулирующих элементах и выражения для угла ориентации вектора тяги космического аппарата.

Данная схема совместного изменения элементов орбиты проста в использовании, позволяет получить верхнюю оценку продолжительности перелёта и обеспечивает достаточную точность. В качестве примера решения задачи оптимизации параметров

траектории приводятся проектно-баллистические характеристики КА со стационарными плазменными двигателями СПД-140. Проводилось сравнение результатов, полученных с использованием законов локально-оптимального управления, для перелетов с опорной орбиты на различные целевые орбиты, в том числе на геостационарную и высокоэллиптическую.

Постановка и схема решения задачи выбора орбитальной структуры спутниковой системы непрерывного обзора сферического слоя околоземного пространства

Нгуен Н.К.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Разумный Ю.Н.
МАИ, каф. 604
sky_moscow@mail.ru

В настоящее время актуальной является задача обеспечения непрерывного обзора сферического слоя околоземного пространства в интересах обеспечения навигации и связи, мониторинга элементов космического мусора и др. Для эффективного решения указанных задач требуются спутниковые системы. Под спутниковой системой понимается совокупность спутников, совместно решающих единую целевую задачу. Спутники такой системы согласованно движутся по определенным орбитам и осуществляют сбор, обработку и хранение информации, а также передачу ее в нужное время потребителям. При этом качество работы системы, материальные затраты на ее создание и эксплуатацию зависят не только от технических характеристик спутниковой или наземной аппаратуры, но и от того, насколько рационально организовано движение спутников, насколько точно оно контролируется и корректируется. Поэтому при создании спутниковых систем задача оптимизации параметров движения и синтез соответствующей орбитальной структуры спутниковой системы занимает одно из центральных мест.

В данной работе рассматриваются:

1. Основные понятия и определения для рассматриваемой задачи непрерывного обзора заданного сферического слоя двухъярусной спутниковой системой. Подлежащая обзору область представлена в виде сферического слоя, а задача непрерывного обзора сферического слоя сведена к непрерывному не менее чем L-кратному покрытию зонами обзора каждой его отдельно взятой сферы. В качестве рассматриваемых вариантов задания условий обзора выбраны варианты, обеспечивающие формирование на обслуживаемой сфере (на поверхности земли или на сфере слоя) зон обзора круговой формы – формы кругового сегмента сферы с центром в подспутниковой точке.

2. Приведены основные методологические принципы решения и в наиболее общей форме сформулирована постановка задачи выбора в данном классе спутниковых структур орбитального построения системы непрерывного L-кратного обзора сферического космического слоя. Показано место задачи в общей схеме баллистического обоснования космических систем как задачи выбора орбитального построения по критериям обзора, решаемой на ранней стадии баллистического обоснования.

3. Для исследования выбран наиболее предпочтительный для решения задачи непрерывного L-кратного обзора класс спутниковых структур – класс кинематически правильных моноструктур на круговых орбитах.

4. Разработана методическая схема решения задачи непрерывного L-кратного обзора заданного космического сферического слоя двухъярусной спутниковой системой в классе кинематически правильных моноструктур. Определены основные понятия и характеристики, требуемые для решения данной задачи, и выявлены связанные с их применением закономерности. Назначены критерии выбора: минимум энергетики системы. Показано, что для данных критериев данная задача сводится к нахождению и минимизации по наклонению α-характеристики системы – минимального углового радиуса зон обзора, непрерывно L-кратно покрывающих сферу.

Система автоматического управления полётом параплана и её аппаратная реализация

Односталко И.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Ахрамович С.А.
МАИ, каф. 604
odnostalko-iv@mail.ru

В настоящее время все более активно используются аппараты с гибким крылом, так называемые парапланы. Это обусловлено такими особенностями этих аппаратов как относительная простота конструкции и управления ими, сравнительно невысокая стоимость, легкость транспортировки и запуска. Наконец, в случае возникновения нештатной ситуации параплан сам спланирует без причинения вреда полезной нагрузке, обеспечивая мягкую посадку. Летные характеристики парапланов впечатляют. Аэродинамическое качество достигает 7 – 11, длительность полета может достигать нескольких часов, дальность несколько сотен километров при скорости от 20 до 70 км/час В зависимости от площади крыла они способны нести полезный груз существенной массы.

Естественным развитием пилотируемых парапланов являются беспилотные парапланы. Причем возможен как вариант с использованием двигателя, так и без него. Однако создание таких аппаратов потребовало решения задачи автоматического управления полетом такого аппарата.

Система должна обеспечивать управление курсом и изменение угла крена через стропы (клеванты). Изменение угла атаки и соответственно скорости и высоты полета обеспечивается акселераторами.

В докладе представлены результаты анализа рационального состава системы автоматического управления (САУ) полетом параплана. В ее состав должны входить БЦВМ, приводы органов управления, БИНС на основе гироскопов и акселерометров, датчики высоты, магнитометр (компас), система GPS – навигации. Исследования показали, что наиболее подходящей является БЦВМ на базе микроконтроллера ATmega1280. В качестве приводов целесообразно использовать бесколлекторные двигатели постоянного тока EMP C4240/10 KV890 с регулятором оборотов ESS-80A 2-6S. Также в составе САУ используются барометрический датчик высоты на основе чипа LPS331AP, трехосный магнитометр на основе чипа LIS3MDL. В САУ используются датчики угловых скоростей на основе чипа L3G4200D. В состав БИНС входит датчик линейных ускорений на основе чипа LIS331DLH. Для позиционирования используется GPS/GLONASS приемник GlobalTop Titan 3 GMS-G9. В качестве источника питания для работы САУ используется аккумуляторная батарея EP LiPo 5200 3S 25C.

Оптимальное управление космическим аппаратом при максимизации коридора входа в атмосферу Марса

Орлов Д.А.
МАИ, 611Б
hause_of_god@bk.ru

Задача организации входа космического аппарата в атмосферу является одной из основных задач организации космических миссий дальнего космоса и определяющей успех выполнения проектов исследований планет Солнечной системы в том числе и Марса В условиях возможных навигационных погрешностей траекторных параметров на момент входа КА в атмосферу в сочетании с недостаточной точностью знания параметров атмосферы, малые значения коридора входа могут привести к нештатным ситуациям при реализации программы полета.

Движение в разряженной атмосфере Марса предусматривает необходимость обеспечения коридора входа в атмосфере, путем поиска путей максимально возможного расширения коридора входа КА в атмосферу.

Задача максимизации коридора входа КА в атмосферу сводится к решению двух независимых вариационных задач о нахождении минимума и о нахождении максимума траекторных углов входа КА в атмосферу θ_0, характеризующих верхнюю и нижнюю границы коридора входа. Сформулирована задача для определения программы управления углом крена.

Дается оценка рассматриваемых критериев оптимальности – максимума физически реализуемых коридоров входа.

Показано, что обеспечение максимально возможной верхней границы коридора входа реализуется при отрицательном значении эффективного аэродинамического качества, соответствующего входу в атмосферу планеты с углом крена, равным 180°. Минимум нижней границы коридора входа достигается либо при одноразовом переключении эффективного аэродинамического качества с одного предельного значения на другое либо при полете КА с постоянным положительным значением эффективного аэродинамического качества.

Основной вывод заключается в том, что при применении управляемого входа КА в атмосферу коридор входа увеличивается в два раза по сравнению с баллистическим спуском и спуском с постоянным аэродинамическим качеством.

Исследование перспективных вариантов запуска малых космических аппаратов

Петракова Е.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Панасенков В.П.
МАИ, каф. 601
petrakowae@mail.ru

Космический рынок насыщен компаниями, которые готовы предоставлять услуги заказчикам с помощью малых космических аппаратов (МКА) самой разнообразной специализации. Эта специализация приведет к продукции, ориентированной на удовлетворение потребностей конкретных клиентов, например, таких как фермеры. Кроме того, ожидается, что в скором времени возрастёт потребность в доступных снимках определенных районов земли, сделанных из космоса, чтобы люди могли с помощью мобильного телефона выбрать место на планете и заказывать изображение со спутника, например, за 90 минут и за 90 долларов. Многие элементы инфраструктуры, необходимые для сбора и доставки этих изображений, все еще нуждаются в разработке, и эти пробелы также предоставляют возможности для инвесторов. Стадия, на которой находится на данный момент мировое сообщество, по-прежнему является ранней, и многое требует проработки.

В частности, в многочисленных докладах конференции Satellite 2017 отмечалось, что компании, специализирующиеся на разработке малых космических аппаратов, в самом скором времени получат впечатляющую отдачу от своей деятельности, но, прежде всего, отрасль остро нуждается в новых возможностях для запуска малых спутников.

Исполнительный директор Clyde Space, Крейг Кларк, в начале 2017 года отметил, что многие компании не смогли вывести свои спутники на орбиту в 2016 году из-за многочисленных задержек с запуском, а это негативно отображается на финансах и инвесторов, и заказчиков.

Выйти на новый уровень могут позволить, в частности, небольшие надёжные ракеты-носители (РН), способные предоставить возможность осуществления гибких запусков МКА, т.е. на орбиты и в сроки, наиболее удобные для заказчика. Поэтому в этом направлении ведётся интенсивная работа.

Работа, в рамках которой подготовлен данный доклад, имеет своей целью не только рассмотреть и проанализировать с точки зрения экономической целесообразности существующие варианты доставки МКА на низкую околоземную орбиту (НОО), но и фокусируется на расчёте линейки лёгких РН с различными вариантами топлива и МПН (массой полезной нагрузки) = 100, 150 и 200 кг. Отдельно проводятся стоимостные оценки рассчитанных концепций носителей и сравнение с существующими на данный момент носителями для оценки целесообразности разработки предлагаемых вариантов РН.

Результаты, которые есть на данный момент, указывают на перспективность использования сжиженного природного газа (СПГ) в качестве горючего, что способствует и снижению массы конструкции, уменьшая её стоимость, и относительной экономии расходов на топливо, что обусловлено невысокой стоимостью сжиженного природного газа и кислорода.

Исследование продолжается и предполагает стать этапом для дальнейших работ в этой области.

Решение задачи распределения наземных средств управления орбитальными группировками КА методом последовательного исключения конфликтных ситуаций

Поливников В.М.
Научный руководитель – Овечко В.М.
ФГУП ЦНИИмаш
p.vladimir.m@yandex.ru

В современной космической отрасли наблюдается повышение интереса к разработке крупномасштабных группировок космических аппаратов (КА) различного назначения, которые будут включать десятки и сотни аппаратов в каждой, что подразумевает повышение нагрузки на наземный комплекс управления (НКУ).

Для обеспечения управления возрастающего количества объектов управления существует несколько путей:

- увеличение количества средств управления;
- повышение технических характеристик средств НКУ;
- унификация (универсализация) средств НКУ;
- повышение эффективности процесса управления.

В условиях широкого распространения мощных вычислительных средств и качественных инструментов разработки, особую роль отводят вопросу создания программно-моделирующих комплексов, предназначенных для решения различных задач:

- имитация реальных процессов (например, движения КА по орбитам Земли);
- предварительная оценка качества результатов теоретических исследований (в частности, подходов к управлению группировками КА) и др.

В данной работе рассматривается один из возможных подходов к решению задачи распределения наземных средств управления группировками КА, а именно распределения временного ресурса командно-измерительных систем (КИС) для проведения сеансов связи (СС) с КА методом последовательного исключения конфликтных ситуаций. Указанный подход, реализован в программно-моделирующем комплексе.

Разработанный программно-моделирующий комплекс предназначен для решения следующих задач:

- моделирование движения переменного числа КА (группировки КА) по орбитам Земли в течение 24 часов;
- определение зон радиовидимости (ЗРВ) каждого КА с переменным числом КИС, размещенных на поверхности Земли;
- планирование сеансов связи на основе полученных ЗРВ;

Моделирование полета КА по орбитам Земли описывается аналитическими выражениями, при этом основной задачей, решаемой программным комплексом, является распределение средств управления для проведения СС с КА.

В рамках представленного подхода процесс планирования СС разбит на 3 этапа:

1. производится распределение «неконфликтных» ЗРВ для проведения СС (тех ЗРВ, которые не пересекаются с любыми другими ЗРВ для рассматриваемой КИС).

если по итогам первого этапа остались не проведённые СС, производится распределение незадействованных («конфликтных») ЗРВ, при этом приоритет отдается КА с наибольшим запрошенным количеством СС.

если по итогам второго этапа остались не проведённые СС, производится поиск возможности переноса уже утвержденных СС на другое время (другие ЗРВ), с целью утвердить те СС, которые до этого момента проведены не были.

Также, для равномерного распределения нагрузки на средства управления, в первую очередь рассматривается возможность утверждения СС с использованием тех КИС, для которых на текущий момент утверждено наименьшее количество СС.

По результатам распределения формируется план задействования наземных средств управления в виде списка СС КА с КИС.

Проект пилотируемой станции для дальних полётов

Рамазанова Д.Р.
Научный руководитель – ст. преподаватель Грабин Б.В.
МАИ, каф. 601
ramazanova-djamilya@mail.ru

Развитие пилотируемых космических полетов продолжается, неизбежно будет расти продолжительность полета (год и более). Одной из важнейших научно-технических и медико-биологических проблем, связанных с освоением человечеством космического пространства, является проблема создания и поддержания оптимальных условий жизнедеятельности человека на протяжении всего космического полета. Обязательно для сохранения здоровья космонавтов в длительном полете необходимо решить проблему гравитации в космическом аппарате, и до сих пор эта проблема окончательно не решена.

Физически гравитация (гравитационное поле) создается исключительно массой тела и для создания привычной для человека земной гравитации необходимо тело с массой как у Земли. Следовательно, на космическом корабле прямое решение этой проблемы невозможно. Поэтому разрабатываются разные варианты подмены (имитации) гравитационного поля с решением отдельных проблем организма, возникших вследствие невесомости. К таким решениям относятся: нагрузочные (за счет встроенных пружинных устройств) костюмы, создающие искусственную нагрузку на костно-мышечную систему организма; вакуумированные устройства (с пониженным давлением) или костюмы, искусственно увеличивающие кровоток к ногам; спортивные тренажеры, специально приспособленные к созданию физических нагрузок в невесомости во время тренировок, и т.п.

Одним из методов создания имитации гравитации является использование центробежных сил. Главным преимуществом инерционного метода является его равномерное силовое распределение на все участки тела человека (как и у гравитационного поля), возможность варьировать величину этого воздействия в широких пределах, включая точную имитацию гравитации Земли. Длительное воздействие инерционных сил постоянной величины возможно только с использованием равномерного вращения тела (на определенном удалении – радиусе вращения – вокруг определенной оси), где инерционные силы представлены в виде центробежных сил.

Предлагаемые конструктивные решения, использующие принцип центробежной силы для создания имитации гравитации: центрифуга короткого радиуса в неподвижном блоке; цилиндрический модуль - "бочка"(Скайлэб); система типа "гантель", с одной стороны от оси основной блок, с другой- противовес; тор, прикрепленный к оси с помощью спиц и тоннелей к неподвижному модулю и др.

Предлагаемое решение - свободный Тор большого диаметра (порядка 100м). Основные предложения по конструкции тора, предлагаемые в сборке и эксплуатации системы тор: основные элементы тора - типовые сегменты и специализированные модули; сборка сегментов на орбите из доставленных пакетов элементов сегмента; использование роботизированного комплекса по сборке сегментов и тора в целом на орбите.

Основные принципы предназначения и эксплуатации тора: КА следующего более крупного уровня по массогабаритам; КА, не способный к взлету и посадке на поверхность космических тел; обитаемый корабль для длительных полетов в открытом космосе (в пределах Солнечной системы); максимальная замкнутость циклов функционирования

систем; максимальное внедрение в Тор всех необходимых жизненно важных систем; максимальное создание рабочих мест на вращающемся торе.

Сравнение характеристик и возможностей разных предлагаемых КА и выявление преимуществ Тора.

Оценка характеристической скорости удержания параметров орбит функционального дополнения ГЛОНАСС

Старков А.В., Толстенков П.С., Федоров А.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Малышев В.В.
МАИ, каф. 604
tolstenkovps@gmail.com

Повышение требований к существующим системам навигации, наблюдения и связи приводит к необходимости увеличения доступности потребителя к большему числу космических аппаратов. Повышение функциональных возможностей наземных потребителей может быть достигнуто использованием высокоорбитального сегмента.

В работе рассматривается высокоорбитальная группировка, состоящая из шести космических аппаратов на суточных наклонных орбитах с небольшим эксцентриситетом. Моделирование неуправляемого движения космических аппаратов орбитальной группировки показывает, что действие возмущающих факторов приводит к уходу от номинальных значений долгот восходящих узлов трасс, эксцентриситета, аргумента широты перигея, наклонения, долготы восходящего узла.

Целью работы является разработка стратегии коррекции орбит для поддержания их параметров в заданных пределах: долгот восходящих узлов трасс, эксцентриситета, аргумента широты перигея. Под стратегией коррекции понимается потребное число коррекций, их периодичность и суммарная потребная характеристическая скорость на интервале времени 10 лет. При моделировании движения космических аппаратов используются уравнения Ньютона. Учитывается притяжение Луны, Солнца и до пяти гармоник геопотенциала.

В ходе проведения исследования используются специализированные программно-математические модели для получения эфемеридной информации и оценки потребных коррекций. Программно-математическая модель прогнозирования движения спутников обеспечивает одновременное интегрирование уравнений движения всех космических аппаратов орбитальной группировки с учетом заданного набора возмущающих факторов. Программно-математическая модель расчета стратегии коррекции формирует оценки потребных коррекций гринвичской долготы восходящего узла, эксцентриситета и аргумента широты перигея.

Удержание гринвичской долготы восходящего узла трассы в заданном диапазоне отклонений от номинального значения осуществляется построением предельного цикла, удержание эксцентриситета и аргумента перигея – приведением значений на верхнюю или нижнюю границу заданного интервала в зависимости от характера эволюции.

Предлагаемая стратегия предполагает обязательной составляющей коррекции гринвичскую долготу восходящего узла (ГДВУ), так как, во-первых, ГДВУ существенно влияет на целевые параметры, и, во-вторых, коррекция ГДВУ связана с относительно небольшими затратами топлива.

Активный метод коррекции аргумента широты перигея и эксцентриситета необходимо согласовывать с учетом целевой эффективности (видимость не менее двух КА из точки на поверхности Земли) и технической возможности проведения коррекции, так как требуемые затраты топлива ДУ для коррекции этих уходов на несколько порядков больше, чем для коррекции уходов положения трасс. При значительной эволюции орбитальной группировки может нарушаться доступность спутников по радиолинии на приемнике потребителя в силу значительного увеличения дальности между спутниками и потребителем за период функционирования.

Алгоритм углового поиска активной радиолокационной головки самонаведения зенитной управляемой ракеты

Суишев А.Е.
Научный руководитель – Волков Г.А.
АО МКБ «Факел»
suishevae@mail.ru

В данной работе рассматривается решение задачи построения алгоритма углового поиска активной радиолокационной головки самонаведения (АРГС) зенитной управляемой ракеты (ЗУР).

Характерной особенностью современных самонаводящихся ЗУР является использование АРГС в составе системы управления (СУ). При этом эффективность работы АРГС, а, следовательно, и точность наведения ЗУР, существенным образом зависят от точности целеуказания АРГС. Накопленные к моменту перехода ЗУР в режим самонаведения ошибки целеуказания АРГС по углам обусловлены следующими факторами:

– погрешности определения координат цели и ЗУР радиолокационной станцией (РЛС) комплекса;

– погрешности бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС);

– неопределенность поведения маневра цели.

С целью повышения эффективности применения системы самонаведения при недостаточно точном целеуказании используется особый режим функционирования АРГС – режим углового поиска, заключающийся в сканировании антенной АРГС заданной области пространства для обнаружения цели.

Для построения алгоритма углового поиска АРГС необходимо решить три задачи:

1. Формирование правила выбора сектора сканирования АРГС в зависимости от текущих условий наведения;

Выбор вида траектории, описываемой концом вектора равносигнальной линии антенны в проекции на плоскость, совпадающую с плоскостью антенны до начала углового поиска;

Выбор угловой скорости вращения антенны в режиме углового поиска.

Первая задача представляется наиболее сложной и трудоемкой и может быть решена независимо от двух других. В данной работе задачи 2) и 3) считаются решенными.

В работе рассмотрены два подхода к решению задачи формирования правила выбора сектора сканирования АРГС: традиционный и новый (предлагаемый). Традиционный подход основан на использовании только априорной информации о точности целеуказания и о параметрах диаграммы направленности антенны (ДНА). На основе анализа недостатков традиционного подхода предложен новый, дополнительно учитывающий реальную возможность ЗУР по отработке прогнозируемого промаха.

Сравнение эффективностей рассмотренных алгоритмов углового поиска АРГС проведено методом статистического моделирования. Результаты моделирования подтверждают преимущество предлагаемого подхода к решению задачи разработки алгоритма углового поиска АРГС перед традиционным.

Синтез алгоритма управления движением ракеты космического назначения на начальном участке полета для сохранности стартового комплекса

Трифонов М.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Малышев В.В.
МАИ, каф. 604
3_fonov@mail.ru

При движении ракеты космического назначения (РКН) на начальном участке полета с целью сохранности сооружений стартового комплекса (СК) необходимо уводить газодинамическую (ГД) струю двигателя РКН. Для такого увода требуется разработать оптимальный закон управления движением РКН с целью удержания проекции факела двигателя в заданной области на стартовой плоскости.

В качестве объекта исследования в работе рассматривается система управления (СУ) движением гипотетической РКН. В общем случае модель движения РКН описывается нелинейными уравнениями, но на этапе увода ГД струи такая модель может быть заменена линейной нестационарной динамической системой с терминально-интегральным квадратичным критерием качества. В рассматриваемой задаче управляющей переменной системы *u* является угол отклонения камеры сгорания двигателя δ, параметром выхода системы *y* является положение следа струи двигателя на стартовой плоскости l_p. В качестве требуемого выхода системы предлагается рассмотреть зависимость положения следа струи от высоты полета - $l_3(h)$.

Особенностью решаемой задачи является то, что параметр выхода системы *y* зависит явно не только от вектора состояния *x*, но и от управляющей переменной *u*, поэтому в работе решается модифицированная задача аналитического конструирования регуляторов (АКОР).

Решение задачи проводилось в соответствии с принципом максимума Понтрягина путем вывода матричного дифференциального уравнения типа Рикатти и интегрирования его в обратном времени с известными конечными условиями. Таким образом, численное решение задачи синтеза управления предлагается проводить в 2 этапа:

1. расчет коэффициентов закона управления путем интегрирования рассматриваемой динамической системы в обратном времени;

моделирование замкнутой СУ РКН с подстановкой на каждом шаге интегрирования значений коэффициентов регулятора, рассчитанных ранее.

В результате решения модифицированной задачи АКОР получен оптимальный закон управления движением РКН и найдены его коэффициенты. Полученное решение удовлетворяет заданным требованиям по величине рассогласования между текущим и требуемым положениями ГД струи на стартовой плоскости. Следует отметить, что модифицированное решение задачи АКОР получено в аналитическом виде, которое может быть использовано для различного типа линейных систем, в общем случае, особенностью которых является зависимость вектора выхода системы от управляющей переменной и используется терминально-интегральный квадратичный критерий.

Решение задачи целесообразно продолжить путем рассмотрения пространственного движения РКН, а также анализа точности реализации этапа увода с учетом горизонтального ветра в атмосфере как случайной функции высоты методами статистической динамики.

Анализ и выбор наивыгоднейших аэродинамических компоновок истребителя 6 поколения

Тюшин А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Поняев Л.П.
МАИ, каф. 101
alexvt1997@mail.ru

Уже не первый год передовые конструкторские бюро с переменным успехом работают над созданием истребителя шестого поколения, и всё идёт к тому, что это будет скачкообразный переход на совершенно новые концепции. Многие характерные атрибуты, в частности истребителей, либо исчезнут, либо изменятся до неузнаваемости. При детальном рассмотрении этой обширной области обнаружился ряд сходств в видении как нашими, так и зарубежными конструкторами нового самолёта. Но, в то же время и в равной степени все проекты отличаются своим разнообразием как в конструкции, так зачастую и по целой идеологии применения.

Поэтому первичной целью работы, её основой для дальнейших исследований, было изучение и суммирование именно концепций истребителя 6 поколения, поскольку аэродинамическая компоновка напрямую на них завязана. В ходе обзора отечественных и зарубежных источников получилось объединить идеологии нового ЛА в определённую систему, одной «крайностью» которой стал типовой истребитель с выдающимися традиционно «истребительными» характеристиками, другой – многофункциональный

боевой комплекс, мало отличающийся от традиционного бомбардировщика. Между ними поместились концепции с уклоном либо в одну, либо в другую сторону.

Был проведён анализ, в ходе которого я сформировал авторское видение конкурентоспособной идеологии истребителя 6 поколения и в проектировании облика данного самолёта отталкивался именно от неё. Создана она в рамках противодействия тактике ВВС вероятного противника, «первый увидел – первый сбил», и заключается в многоуровневой противоракетной защите, обеспечивающейся как посредством манёвров, так и размещением современных детекторов и средств РЭБ. Оптимальным вариантом я счёл создание двух аналогичных летательных аппаратов, но с разными идеологиями применения и с вытекающими из этого различиями в компоновках.

Исследование проводилось с опорой на критерии и требования, заявленные странами-разработчиками, передовые проекты в данной области, исследования воздушного боя и тенденции его развития, а также на базовые энциклопедические данные по аэродинамическим компоновкам непосредственно. Для большей наглядности хода мыслей в работе приведены обзоры проектов истребителя 6 поколения, а также - аэродинамических компоновок с уклоном на избранную мною тематику и с выделением современных дополнений, в частности, популярной компоновки «смешанное крыло».

Таким образом, результат моей работы – аэродинамическая компоновка двух сходных самолётов 6 поколения, обеспечивающая соответствие наиболее важным критериям по данной тематике, что, в свою очередь, во многом определит их дальнейшее превосходство в воздухе.

Оптимальное управление и навигация космического аппарата при мягкой посадке на лунную поверхность по схеме с зависаниями

Хуан Ичун
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Бобронников В.Т.
МАИ, каф. 604
huanyiqun@mail.ru

Докладываемая работа посвящена проблеме реализации мягкой посадки космического аппарата (КА) на поверхность Луны по схеме «с двумя зависаниями». Под «зависанием» понимается состояние КА, характеризуемое нулевой скоростью движения и вертикальной ориентацией продольной оси аппарата. Режимы зависания используются для съемки лунной поверхности с помощью бортового сканирующего устройства с целью оперативного выбора и уточнения места посадки КА. Первое зависание предусматривается в конце этапа «основного торможения» КА на высоте около 2400 м; второе – в точке второго зависания на высоте 100 м по окончании «управляемого спуска» КА из точки первого зависания.

Одним из возможных вариантов осуществления указанной схемы является последовательное решение задач обнуления скорости (при основном торможении и при управляемом спуске) и вертикализации КА в каждой из двух точек зависания.

В работе рассмотрен вариант, при котором управление движением КА на обоих этапах (основного торможения и управляемого спуска) происходит таким образом, чтобы к моментам окончания каждого из них обеспечивалось обнуление скорости и вертикализация аппарата. Выполнение этих условий достигается путем формирования оптимальных программ управления величиной $P(t)$ и направлением $\vartheta(t)$ вектора тяги двигателя торможения (ДТ) КА.

При решении оптимизационной задачи для этапа основного торможения совместно с программами $P(t)$ и $\vartheta(t)$ ищется оптимальная тяговооруженность КА n_0. В качестве критерия оптимальности рассматривается минимизируемая относительная масса двигательной установки (ДУ) $\mu_{ДУ}$, состоящей из массы сухой ДУ и массы топлива. При решении задачи для этапа управляемого спуска характеристики ДТ двигателя считаются заданными, выбранными для этапа основного торможения.

Представлены результаты предварительного анализа точности реализации рассмотренной схемы посадки с учетом ошибок навигационной системы. Рассмотрены три варианта построения системы: 1) с помощью только бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС); 2) БИНС с фильтром Калмана; 3) совместное использование БИНС, доплеровского измерителя, высотомера и фильтра Калмана. Результаты анализа могут быть использованы при формировании требований к составу, структуре и точности компонентов навигационной системы КА.

Системный анализ в области проектирования атмосферных аппаратов для исследования Марса

Целищев К.Н.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Воронцов В.А.
МАИ, каф. 604
zkn1994@yandex.ru

Марс – планета «земной» группы, обладающая атмосферой.

Данная планета представляет собой серьезный научный интерес. Многие ученые считают, что на Марсе произошла эволюция, прекратившая деятельность вулканов и сформировавшая сегодняшний рельеф, потеряв почти всю марсианскую атмосферу. Многие уверены, что в недалеком будущем такое ожидает и нашу планету, таким образом, наблюдая за Марсом, мы сможем понять, что ожидает нас в будущем. Возможно, на Марсе удастся обнаружить полезные ископаемые, ведь у нас они когда-нибудь закончатся. Помимо того, ученые почти доказали наличие воды и воздуха, что делает возможным колонизацию Марса. Исследование Марса будет мощным толчком развития космических знаний, дальнейших исследований. Выведет науку на абсолютно новый уровень, первый раз человек будет где-то не на Земле.

Несмотря на всю ту информацию, что была получена со множества отправленных к Марсу космических аппаратов, он все еще оставляет нерешенными ряд задач. Самой актуальной из этих задач является более детальное рассмотрение и изучение горных участков, расположенных в южной части планеты.

До сих пор Марс изучали при помощи специальных спускаемых аппаратов, марсоходов и орбитальных устройств. Все эти способы наблюдения за планетой, безусловно, внесли неоценимый вклад в формирование нашего представления о Марсе, которое мы имеем на сегодняшний день. Но ученые пришли к выводу, что исследования необходимо перенести на следующий уровень. Тем более, что дразнящие свидетельства того, что некогда на Красной планете была жидкая вода, буквально требуют этого. Ученые хотят начать изучение Марса на всех уровнях, но для начала - невысоко над землей, в атмосфере – для детального изучения рельефа поверхности планеты.

Наличие атмосферы позволяет использовать для исследования этой планеты такие летательные аппараты как дирижабли, аэростаты, самолеты и вертолеты. В отличие от марсоходов или посадочных модулей, автономные беспилотные ЛА смогут проводить видео- и фотосъемку в разных диапазонах и на дистанции сканировать поверхность планеты, брать в полете атмосферные пробы и осуществлять поиск обычной воды.

В докладе рассказывается о функционировании атмосферных аппаратов, предназначенных для исследования Марса. Рассматриваются вопросы о видах исследований, которые сможет проводить аппарат (аэрофотосъемка, радиолокация, ретрансляция радиосигналов, взятие пробы атмосферы), возможные конструкционные схемы самолета, способы доставки аппарата на планету (применение парашютов, аэродинамических щитов). Рассматривается возможная высота, район и маршрут полета беспилотного летательного аппарата. Проводится сравнительный анализ беспилотного летательного аппарата с другими видами носителей научной аппаратуры.

Инструменты астрофизических исследований прошлого и настоящего

Цой О.А.
Научный руководитель – к.т.н., с.н.с. Торопов В.А.
МАОУ «СОШ №1 с УИОП МО «Ахтубинский район»
ovibekker@gmail.com

Настоящее время - это то, что в будущем будет называться предкосмической эрой, как считают многие известные ученые (например, Илон Маск). Я убеждена, что будущее человечества - репродуктивное, научное - заключается в изучении космоса. И, чтобы показать каких успехов добилась прикладная астрономия и астрофизика, а также способы получения научных данных в прошлом и настоящем, представляется данный проект.

Инструменты астрономов прошлого:

древнейший лунный календарь из Уоррен-Филд, Шотландия (8000 лет до н.э.), используемый охотниками и собирателями древности;

египетские солнечные часы из Долины царей (1550-1070 годы до н.э.) - одни из первых когда-либо найденных;

календарь мезоамериканской цивилизации Майя (317-987 годы н.э.), нашедший отлик среди современной общественности;

вольвеллы, используемые для определения солнечной эклиптики; секстанты и астролябии, позволяющие определить расстояния до предметов, их высоту или местоположение.

Достижения человечества со времен использования простейших инструментов изучения космоса огромны: создание радиосвязи и открытие инфракрасного, ультрафиолетового и электромагнитного излучения; появление сложнейших вычислительных машин - компьютеров, развитие и модернизация телескопов, запуск в космос более 220 межпланетных аппаратов, свыше 4000 искусственных спутников на орбите Земли. С развитием различных областей жизни человека, развивались и инструменты изучения вселенной.

Инструменты астрономов настоящего:

телескоп Хаббл(1990) - самый известный зеркальный орбитальный телескоп в мире, внесший неоценимый вклад в изучение глубокого космоса: туманностей, галактик, двойных систем, переменных звезд и др.;

радиотелескопы, использующие сигналы, дошедшие со всех уголков вселенной, среди них новейший китайский FAST(2016) радиусом в 500 метров - самый большой радиотелескоп с заполненной апертурой.

Астрофизика и астрономия прошла долгий путь: от наблюдений древними людьми за звездами и лунной эклиптикой до современных сложнейших изучений далеких галактик на основе радиосигналов и инфракрасного излучения. К чему приведет изучение космоса? К светлому будущему, колонизации обнаруженных экзопланет нашей и других звездных систем, космическим путешествиям, обещанным NASA? Ответ на этот вопрос неоднозначен: мы не знаем. Но если изучение мира вокруг нас сулит нам то, что описано в тысячах фантастических книг, то астрофизика и астрономия - науки, однозначно достойные развития и изучения.

Задача маршрутизации полета легкого беспилотного летательного аппарата при различных моделях ветра

Чинь В.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Моисеев Д.В.
МАИ, каф. 604
trinhminh6666@gmail.com

При составлении маршрутов полета беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) существенным фактором, требующим учета, является ветер в зоне полета. Это особенно характерно для легких БПЛА, воздушная скорость которых соизмерима со скоростями ветра возможными в зоне полета. Наиболее распространено использование при решении

задач маршрутизации использование модели ветра, согласно которой в зоне полета ветер имеет постоянную скорость и направление. Это близко к действительности при сравнительно небольших зонах и продолжительностях полета легких аппаратов. В то же время более общей представляется модель ветровой обстановки, допускающая наличие в зоне полета нескольких областей. В каждой из этих областей параметры ветра постоянны, но их значения для разных областей различны.

В докладе предложена процедура решения задачи построения наискорейшего маршрута облета заданного своими координатами набора точек с учетом наличия нескольких подобластей, в каждой из которых направление и скорость ветра считаются известными в момент составления маршрута полета. В простейших случаях задача маршрутизации формализуется как задача коммивояжера. В более сложных случаях, например, при учете дополнительных ограничений на продолжительность полета БПЛА, нахождение маршрута является результатом решения многомерной задачи о рюкзаке. Однако, для решения задачи маршрутизации в любой из этих постановок предварительно составляется матрица, элементами которой являются длительности наискорейшего перелета между всеми парами заданных точек. Именно на этом этапе учитывается влияние ветра на время полета. При использовании модели с постоянными значениями параметров ветра во всей зоне полета для этого решается соответствующий навигационный треугольник. Для модели с несколькими областями значений параметров ветра при перелете между парой точек БПЛА пересекает несколько подобластей с разными значениями параметров ветра. Возникает необходимость в решении специальной оптимизационной задачи для нахождения минимального времени перелета и соответствующей траектории для каждой пары точек. Указанная задача заключается в поиске экстремума функции многих переменных.

Процедура поиска экстремума реализуется как отдельная подпрограмма в программном комплексе маршрутизации. Было апробировано несколько вариантов реализации этой подпрограммы, каждый из которых соответствует различным вычислительным алгоритмам. В частности, были апробированы методы покоординатного спуска, отжига и муравьиный алгоритм. Программный комплекс маршрутизации полета БПЛА был реализован в среде МАТЛАВ. С его помощью был решен ряд конкретных задач маршрутизации, что подтвердило работоспособность предложенной процедуры маршрутизации полета БПЛА.

Системный анализ применимости атмосферных летательных аппаратов для исследования Венеры

Шавня Р.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Воронцов В.А.
МАИ, каф. 604
rrrrrrush@gmail.com

Венера, как ближайшая к Земле планета «земной» группы, представляет собой серьезный научный интерес. Несмотря на всю ту информацию, что была получена со множества отправленных к ней космических аппаратов, Венера все еще оставляет открытыми ряд вопросов. Среди них – механизм суперротации атмосферы (облака Венеры двигаются гораздо быстрее самой планеты и совершают полный оборот примерно за 4 земных суток, в то время как период обращения планеты составляет 243 земных суток) и другие особенности её динамики, наличие проявления современной вулканической и сейсмической активности и плохо изученная приполярная область планеты. Так же, как и в случае с Ураном, неясны причины ретроградного направления ее вращения вокруг собственной оси (по часовой стрелке, если смотреть со стороны северного полюса Земли), в отличие от всех остальных известных планет Солнечной системы. Кроме того, изучение Венеры важно с точки зрения сравнительной планетологии: оно поможет лучше понять природу таких физических явлений как молнии, ураганы и парниковый эффект, а также возможности эволюции земного климата в целом и его стабильность по отношению к антропогенному воздействию.

Наиболее ценные научные данные можно получить при проведении «контактных» исследований непосредственно на планете, путем доставки на нее различных исследовательских аппаратов. Однако, проведению такого рода исследований сильно мешают крайне «враждебные» условия Венеры: на ее поверхности температура достигает 460 °С, а давление – около 90 бар.

Тем не менее, на определенной высоте над поверхностью планеты условия не являются столь «враждебными» (по данным исследовательских станций, от «Венеры-4» до «Венеры-14», на высоте около 50 километров давление и температура становятся соизмеримыми с земными условиями: около 1 бара и 80 °С соответственно. Температура же на высоте 55 километров составляет примерно 20 °С). Эти условия, а также высокая плотность атмосферы планеты – это предпосылки для применения в качестве носителя научной аппаратуры беспилотных летательных аппаратов: они смогут проводить исследования Венеры, находясь непосредственно в ее небе. Одним из перспективных видов такого летательного аппарата является беспилотный самолет.

В докладе представляется системный анализ применимости атмосферных летательных аппаратов для изучения Венеры. Рассматриваются вопросы о видах исследований, которые сможет проводить аппарат (аэрофотосъемка, радиолокация, ретрансляция радиосигналов, взятие пробы атмосферы), возможные конструкционные схемы самолета («надувной» самолет, жесткая конструкция, аэродинамические схемы), способы доставки аппарата на планету (применение парашютов, аэродинамических щитов), вопросы о точке ввода аппарата в действие (до или после входа в атмосферу планеты). Рассматривается возможная высота, район и маршрут полета беспилотного летательного аппарата. Проводится сравнительный анализ беспилотного самолета с другими видами носителей научной аппаратуры (Венероходы, аэростаты, исследовательские станции).

Анализ связанных космических систем с использованием лазерного излучения для передачи энергии и интерферометрии гравитационных волн

Юдин А.Д.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Пичхадзе К.М.
МАИ, каф. 604
and.yudin11@gmail.com

Величайшие научно-технические мировые достижения СССР в XX столетии были:

- открытие космической эры (запуск первого спутника в 1957 г.);
- создание лазеров (получение Нобелевской премии Басовым Н.Г. и Прохоровым Н.М. в 1964 г.).

Эти два мировых достижения были успешно реализованы в совместных работах в космосе в виде реализации нескольких технологических достижений двумя техническими средствами:

- лазерная дальнометрия (определяет расстояния до луны с точностью до мм);
- лазерная связь – позволяющая реализовать скорости передачи информации до 1Гб/с.

Однако развитие космической техники ставит новые задачи перед лазерной техникой.

Первой задачей является создание лазерного излучателя для передачи энергии с борта солнечной космической электростанции на Землю.

На первом этапе реализация такой электростанции является создание на одном космическом аппарате демонстрационной солнечной космической электростанции.

Анализ показывает, что сбор электроэнергии фотопреобразователями может достигать 100÷150 КВт, большую часть которой можно направить на преобразование её на лазерной излучение.

В настоящее время прорабатываются проекты такой электростанции, но остается открытым вопрос: кто сможет создать бортовой лазерный комплекс на основе волоконных лазеров с уровнем мощности более 100 КВт, с оптической структурой формирующее

лазерное излучение с расходимостью менее 0.5 угловых секунд. Помимо этого необходимо рассмотреть организацию обратной связи с наземным пунктом приема энергии.

Второй задачей является создание космического лазерного интерферометра на разнесенных нескольких космических аппаратах для регистрации гравитационных волн в частотной области и измерению постньютоновских эффектов (ППН-параметров) в ближнем космосе. Уже в течение 20 лет NASA прорабатывает проект LISA, в декабре 2015г. был запущен один аппарат LISA Pathfinder для проверки измерительного лазерного интерферометра.

В России такой проект рассматривают в рамках научно-исследовательских работ по созданию системы лазерного интерферометра подобной LISA на базе малых космических аппаратов.

Основные требования такой интерферометрической системы — это создание на основе волоконных лазеров измерительной системы на расстоянии 100÷200 тысяч километров с точностью $\lambda/10$.

В настоящей работе анализируются схемы различных типов технологий космических лазерных систем, которые разрабатываются в настоящее время с уникальными характеристиками.

Секция «Космические аппараты: проектирование и конструирование»

Особенности конструирования систем терморегулирования современных космических аппаратов

Андреев А.В., Шеховцов М.В.
Научный руководитель – профессор Генов А.А.
МАИ, каф. КТ
mix-94@mail.ru

Космический аппарат состоит из множества изделий, сопряженных между собой. В связи с тем, что элементы и приборы функционируют при различных температурах, необходимо обеспечивать специальный тепловой режим, поддерживаемый системой терморегулирования в течении всего срока эксплуатации.

Система терморегулирования состоит:

- Активная
- Пассивная

Активная часть — это комплекс средств, которые обеспечивают передачу тепла, контроль и управление теплообменом при помощи предназначенных для этого установок и теплообменных устройств. Активная часть терморегулирования может быть построена на основе промежуточного теплоносителя (газа или жидкости), который регулирует и производит перераспределение тепла между теплообменными устройствами. К пассивной части терморегулирования относятся различные специальные покрытия, низкотемпературные тепловые трубы и теплоизоляционные материалы.

В настоящее время в России разрабатываются и используются космические аппараты со сроком активного существования до 15 лет, использующие негерметичный приборный отсек в виде «короба». В данном «коробе» размещаются тепловыделяющие приборы на трехслойных сотовых панелях-радиаторах в блочно-модульной конструкции приборного отсека в виде фигуры цилиндра или параллелепипеда. Важно понимать, что данная конструкция объединяет в себе тепловую, силовую и защитную функции от факторов космического пространства.

В системе терморегулирования может применяться эффективная по массе тепловая труба, признаком которой является отсутствие подвижных элементов. Это позволяет частично или полностью отказаться от использования характерных для отечественных космических аппаратов специальных циркуляционных систем терморегулирования,

уменьшить габариты, массу и энергопотребление, что в свою очередь увеличивает их срок службы.

Негерметичный приборный отсек, выполненный в форме параллелепипеда с системой терморегулирования на базе тепловой трубы, позволил американским спутникам связи INTELSAT выделить для полезной нагрузки примерно 35% от общих массовых затрат на космическом аппарате. В отечественной практике есть похожая блочно-модульная конструкция космического аппарата с негерметичным приборным отсеком в форме "коробки", состоящей из трехслойных сотопанелей с высокомощной многоцелевой полезной нагрузкой. Применение данной конструкции дало возможность выводить на геостационарную орбиту до 2600 кг, а на высокоэллиптическую орбиту до 5000 кг при энерговооруженности до 15кВт.

Особенность данной конструкции позволяет получить хорошо укомплектованный приборный отсек, который оптимально вписывается в зону полезного груза средств выведения. Увеличение радиационных поверхностей предоставляет возможность разместить теплонагруженную бортовую аппаратуру внутри конструкции, что позволяет располагать большее количество приборов и оптимально использовать весь объем под цилиндрическим обтекателем ракетоносителя.

Исследование ионизирующего излучения при длительных космических полетах

Балкен Д.Б., Нягулов М.Р.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Чичиндаев А.В.
НГТУ, каф. ТТ
darhan9512@mail.ru, mixael.sf@gmail.com

В связи с перспективой пилотируемых полетов на Марс в настоящий момент актуальной становится задача биологической индикации предполагаемой трассы полета и условий на Марсе с позиции разработки необходимых систем защиты от космического ионизирующего излучения.

Степень повреждений, наносимых радиацией человеку, зависит от удельной энергии потока элементарных частиц радиации и от времени воздействия радиационного излучения. При длительных космических полетах в межпланетном пространстве радиационная опасность обусловлена совместным действием галактического и солнечного космических излучений.

Целью настоящего исследования является анализ характеристик и оценка биологической значимости интенсивности ионизирующего излучения применительно к трассе полета на Марс. Проводится исследование характеристик поля и энергии ионизирующего излучения. Описывается методика расчета поглощенной дозы и выполняется анализ дозовых характеристик, а также оценка влияния космического ионизирующего излучения на организм человека.

Эквивалентная доза ионизирующего излучения (Зв) является частным случаем поглощенной дозы и представляет собой произведение поглощенной дозы в биологической ткани на коэффициент качества этого излучения в данном элементе, что дает возможность оценить преобразования энергии излучения в биологические эффекты тканей живых организмов. Оценки доз по трассе полёта Земля – Марс – Земля показывают, что за весь период полёта длительностью 2…3 года дозы облучения человека могут составить 5…50 Зв. Такие значения соответствуют смертельно опасному уровню воздействия на организм. Поэтому важнейшим элементом системы жизнеобеспечения для данного полёта должна быть мощная многократная радиационная защита пилотируемого модуля космического аппарата.

На основании сведений о пространственном расположении радиационных поясов в околоземном, межпланетном пространстве и данных о траекториях полета космических летательных аппаратов определяется интенсивность каждого вида ионизирующего излучения. Для заданной продолжительности полета оценивается суммарная доза за полет (получаемая путем учета вкладов от всех источников) и сравнивается с допустимой по критериям радиационной безопасности экипажа. После находится требуемая общая

кратность ослабления тканевой дозы и соответственно кратность ослабления отдельных компонентов излучения, что позволяет для заданных условий полета найти компоненту, в основном определяющую компоновку и толщину защиты. В представленной методике расчетов солнечное космическое излучение условно разделяется на фоновое излучение, создаваемое множеством малых вспышек на Солнце с небольшим разбросом мощностей, и излучение от крупных вспышек на солнце, в виду разного принципа их действия.

Полученные результаты исследования характеристик поля и энергии ионизирующего излучения, расчета поглощенной дозы и анализ дозовых характеристик позволяют проводить оценку влияния космического ионизирующего излучения на организм человека, а так же могут быть полезны при разработке средств защиты.

Анализ средств увода с орбиты малоразмерных спутников

Беляева Н.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Чудина Ю.С.
МАИ, каф.202
planka08@mail.ru

Проблема космического мусора для сегодняшнего дня стала крайне актуальной и требующей решения. Выходом из сложившейся ситуации может быть использование технологии деорбитинга – увода с орбиты исчерпавших ресурс спутников. Поэтому одной из норм международного космического права в ближайшие годы становится требование оснащать все космические аппараты (КА) системами увода с орбиты. Примером сегодня служат стандарты Европейского космического агентства (EuropeanSpaceAgency, ESA), Национального управления по аэронавтике и астронавтике США (NationalAeronauticsandSpaceAdministration, NASA) и российский ГОСТ 52925-2008.

Проблема деорбитинга малых КА становится глобальной. По общепринятой классификации к таковым относят:

- мини- (массой от 100 кг до 500 кг),
- микро- (от 10 кг до100 кг),
- нано- (от 1 кг до 10 кг),
- пикоспутники (от 100 г до 1 кг).

Число выводимых на околоземные орбиты малых КА постоянно растет. К таким малоразмерным КА относят и кубсаты (cubesats) – наноспутники, состоящие из одного или нескольких стандартизованных блоков (юнитов) в виде кубика со стороной 10 см и массой около 1 кг. Возможности активного маневрирования у кубсатов отсутствуют либо минимальны. Это может создать угрозу для важных космических станций, которым по причине опасности космического мусора приходится чаще выполнять маневры уклонения.

Очевидно, что разумнее и более доступно будет вообще не создавать мусор, чтобы не чистить его. В связи с этим, имеет первостепенное значение разработка безопасной и низкозатратной системы увода с орбиты (деорбитинг). Из-за ограничения габаритных размеров КА и отсутствия на них дополнительных мощностей для обеспечения работы сложных систем увода необходимы инженерные решения поставленных задач. Кроме того, возможность выполнения безопасного возвращения в атмосферу, восстановление полезной нагрузки и сохранение полученных в ходе работы на орбите данных будут сильно расширять возможности использования малоразмерных КА.

В работе проведен анализ средств и механизмов для увода с орбиты малоразмерных спутников. Сделаны некоторые выводы об эффективности и возможности использования представленных в литературе устройств увода, выбрано наиболее перспективное направление развития в разработках указанных устройств.

Разработка блока управления двигателем в составе силового гироскопического комплекса

Берестюк Е.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Бураков М.В.
ФГАОУ ВО ГУАП, каф. 31
1konrus1@gmail.com

На сегодняшний день уровень развития современных технологий позволяет делать сложнейшие устройства сверхминиатюрными, а использование данных технологий в космической отрасли позволяет значительно снизить габариты и массу космического аппарата (КА), тем самым значительно снизив стоимость его вывода на орбиту.

Миниатюризация, использование последних решений в области программного и аппаратного обеспечения, системы связи и обработки сигналов, а также многие другие новейшие технические и технологические решения легли в основу спутниковых систем нового поколения. Основной особенностью является сверхмалый вес и габариты КА. Современный уровень развития технологий позволяет создавать блоки и узлы для КА, отличающиеся высокими техническими характеристиками и отвечающие строгим требованиям по габаритам, массе и надежности, предъявляемым к спутниковым системам нового поколения.

В данной работе мы рассмотрим блок управления двигателем (БУД) разрабатываемый полностью на отечественной элементной базе.

БУД совмещает функции по управлению двигателем гиромотора (ГМ) и функции блока согласования по осуществлению обмена с управляющей вычислительной системой (УВС) по магистральному последовательному интерфейсу (МПИ) и обеспечивает:

– частотный разгон ГМ, доразгон в режиме самокоммутации, стабилизацию номинальной частоты вращения ГМ;
– контроль тока ГМ в режиме разгона и стабилизации;
– контроль кинетического момента;
– обмен информацией с УВС по МПИ;
– обмен информацией с блоком управления приводом (БУП);
– выдачу в блок БУП команд на включение;
– подачу вторичного питания 27В на БУП.

БУД включает в себя два канала управления двигателем (УД), два канала питания для каналов управления двигателем (ПУД) и два канала источников вторичного питания 27В для питания УД и БУП.

БУД и БУП входят в состав электронного прибора (ЭП), который совместно с силовым гироскопическим прибором (СГП) образуют силовой гироскопический комплекс (СГК).

Силовой гироскоп (СГ) предназначен для создания управляющих моментов в составе СГК. СГ состоит из ГМ и электронного блока управления двигателем. ГМ состоит из герметичного корпуса, внутри которого размещены ротор на двух радиально-упорных ШП, бесконтактный двигатель постоянного тока (БДПТ) без датчика положения ротора (ДПР). Функционально СГ имеет два канала: основной и резервный. Один из каналов во время работы находится в «холодном» резерве.

Исследование устойчивости малых движений твердого тела, имеющего полость, наполненную слоистой жидкостью

Вин Ко Ко
Научный руководитель – доцент, к.ф-м.н. Темнов А.Н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет СМ-1
win.c.latt@gmail.com

Для индустриализации космического пространства российские и американские специалисты рассматривают возможность создания орбитальных заправочных станций и космических заправщиков для будущих полетов к Луне, Марсу и обратно [1, 2].

В предлагаемом докладе приводятся постановка задачи, решения и результаты исследований динамических характеристик и устойчивости малых колебаний твердого тела, имитирующего космический заправщик, топливный бак которого содержит криогенную жидкость. Отличительной особенностью криогенной жидкости является низкие температуры и различные плотности частиц жидкости, наблюдаемые в процессах хранения и эксплуатации, что значительно усложняет исследование гидродинамических задач. В докладе криогенная жидкость моделируется слоями несмешивающихся жидкостей. Для практического использования полученных результатов при проведении динамических расчетов предложен механический аналог, состоящий из эквивалентного твердого тела и двухстепенных маятников.

При решении гидродинамической задачи каждая жидкость рассматривается как идеальная, совершающая безвихревое движение и удовлетворяющая на смачиваемых поверхностях полости неоднородным граничным условиям, вследствие движения твердого тела. На границах соприкосновения слоев жидкостей ставятся динамические и кинематические условия, заключающиеся в равенстве давлений и проекции скоростей на нормаль к поверхностям раздела жидкостей. В результате решения гидродинамических задач получены две бесконечной группы дифференциальных уравнения для обобщенных координат, характеризующих отклонения поверхностей раздела от их равновесных положений. При исследовании устойчивости колебаний твердого тела, имеющего цилиндрическую полость заполненной тремя несмешивающимися жидкостями, получено характеристическое уравнение 6-ого порядка содержащие только четные степени спектрального параметра. Рассматриваемая динамическая система является консервативной, не может быть асимптотически устойчивой, и поэтому для устойчивости рассматриваемой динамической системы поставлено требование чтобы все корни характеристического уравнения были чисто мнимые или квадраты соответствующих корней были действительными числами меньше нуля. В результате исследования получены области устойчивости в параметрах, характеризующих инерционные свойства твердого тела и жидкости.

Проект построения группировки наноспутников с помощью солнечного паруса

Корецкий М.Ю., Тимакова Е.Д., Фролов К.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Майорова В.И.
МГТУ им. Баумана, УН МКЦ
ti-kate7@yandex.ru

Значимость наноспутников в последние годы значительно возросла: теперь, кроме образовательных и экспериментальных целей, малые космические аппараты применяются для научных исследований и мониторинга атмосферы и поверхности Земли. Зачастую, для решения данных задач требуется построение спутниковых группировок.

В данном проекте спутниковая группировка необходима для обеспечения непрерывного наблюдения солнечной активности с помощью полезной нагрузки, разработанной Физическим институтом им. П. Н. Лебедева (ФИАН). Данные, которые могут быть получены с этой научной аппаратуры, являются уникальными в России.

До настоящего времени такие группировки создавались посредством двигательных установок (высокая стоимость и сложность изготовления), путем запуска с МКС с большими временными интервалами (ограниченность срока активного существования) или путем использования зависимости площади миделя от ориентации аппарата (требует коррекции орбиты и сокращает время работы исследовательского оборудования).

В данном проекте предложена уникальная технология построения группировки наноспутников с помощью двухлопастного роторного солнечного паруса, раскрываемого под действием центробежных сил. Данная технология длительное время разрабатывается в МГТУ им. Н.Э. Баумана и в 2018 г будет проведён космический эксперимент на МКС по демонстрации данной технологии.

Для подтверждения возможности использования этой технологии для построения группировок был проведён значительный объём баллистических расчётов.

Эффективность данного метода создания спутниковой группировки будет подтверждена при проведении космического эксперимента. В его процессе два наноспутника формата 1,5 U будут выведены на орбиту и разведены на заданное угловое расстояние.

Контроль развертывания группировки с помощью бескаркасного тонкопленочного солнечного паруса будет осуществлен по данным бортовых навигационных приемников ГЛОНАСС.

Так же планируется отработать технологию обмена данными между наноспутниками на базе протокола DTN (delay tolerant network – сеть с задержками передачи).

В данной работе определен проектный облик наноспутников для осуществления такого технологического эксперимента и проведены проектные расчеты основных бортовых систем: система управления бортовым комплексом, система энергоснабжения, система управления движением и навигации, система радиосвязи, система развертывания солнечного паруса.

В настоящее время завершен этап эскизного проекта и ведется разработка конструкторской документации. Запуск аппаратов группировки планируется в 2018 году.

Разработка технологии и стендового оборудования для экспериментальной отработки двигателя увода створок обтекателя ракеты-носителя метеоспутника

Марьянов Д.В.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Хопин П.Н.
МАИ, каф. ТППДЛА
pol2244@yandex.ru

Целью работы является описание части программы стендовой отработки твердотопливного двигателя увода (ДУ), касающейся агрегатных испытаний его конструктивных элементов.

Рассматриваемый в данной работе ДУ представляет собой твердотопливный двигатель, предназначенный для увода створок обтекателя перспективного метеоспутника при его выведении на околоземную орбиту. ДУ является модификацией с увеличенной тягой существующего двигателя увода створок обтекателя ракеты «Союз».

В работе представлены агрегатные испытания следующих узлов: испытания корпуса на прочность и герметичность, испытания решетки на прочность, испытание заглушки на подтверждение ее давления вылета, испытания заряда и пиропатрона на надежность выполнения заданным требованиям и безопасность обращения.

Объем испытаний на каждом этапе его отработки определяется требованиями надежности как к двигателю, так и к его элементам. Для ДУ вероятность безотказной работы (ВБР) должна быть не менее $0{,}9^4$.

Методом, подтверждающим запасы прочности конструкции и получившим наибольшее распространение в практике отработки конструкций ДУ, является метод гидравлических испытаний. Он основан на использовании давления жидкости для имитации нагрузок. Метод позволяет помимо подтверждения сохранения целостности элементов ДУ от рабочих нагрузок выявить конструкторские запасы путем доведения их до разрушения и сравнения фактического давления разрушения с расчетным.

Первоначальной задачей автономной отработки конструкции опорной решетки является оценка эрозионного и теплового воздействия на них, а также уточнение перепада давления продуктов сгорания. Испытания на полномасштабных моделях и в стендовых двигателях позволяют определить работоспособность опорных решеток, но требуют дополнительных материальных затрат и времени. Для увеличения надежности работы опорной решетки их проверяют на прочность путем гидравлических испытаний.

Основными задачами, решаемыми при разработке стендовых установок для отработки сопловых заглушек (СЗ) являются: создание условий нагружения СЗ, максимально приближенных к натурным в составе двигателя; достоверное определение момента вскрытия СЗ. При создании стенда для отработки СЗ учитывается, что расчетное

давление в двигателе может отличаться от давления в предсопловом объеме. Кроме того, при разрушении сопловой заглушки возможно местное падение давления в предсопловом объеме, что отражается на тяговой характеристике испытуемого ДУ.

Испытания наполнителя и пиропатрона на устойчивость к транспортированию и ударным нагрузкам необходимы для проверки срабатывания в вакууме, на проверку отсутствия детонации при случайном падении и на пожаробезопасность.

Результатом проведенной работы является оценка достаточности мероприятий, проведенных на этапе агрегатных испытаний конструктивных элементов ДУ для перехода к этапу автономной отработки ДУ.

Разработка передачи высокой точности для линейного привода испытательного стенда космических аппаратов

Носов А.С.
Научный руководитель – к.т.н. Егоров О.В.
Филиал ФГУП ЦЭНКИ - КБ «Мотор
kbmotor@russian.space, alekstambov@mail.ru

Основными критериями выбора привода в современной космической технике является их компактность, минимальные потери мощности, надежности, точности, невысокие трудоемкости и себестоимость, долговечность, отсутствие воздействия на окружающую среду и ряд других требований, специфичных для конкретной области применения. Актуальным является унификация, продление сроков эксплуатации, повышение точности и надежности исполнительных механизмов.

В отечественной космонавтике наиболее сложными элементами стендов комплексных испытаний (КИ) космических аппаратов (КА) являются устройства, обеспечивающие монтаж и испытания панелей солнечных батарей, разного рода антенн, приборов и тому подобного оборудования, раскрываемого с помощью специальных штанг в космосе после вывода КА на орбиту. Неоднократно попытки унификации стендов КИ сдерживались различием конструкций солнечных батарей и механизмов их раскрытия, приводы не выполняли все требования. Увеличение испытаний в заводских условиях на сложных стендах и сокращение испытаний в техническом комплексе является естественным и закономерным путем повышение надежности изделий и снижение их стоимости.

В филиале ФГУП «ЦЭНКИ» - «КБ «Мотор» разработана беззазорная планетарная роликовинтовая передача высокой точности и надежности функционирования, а так же методика обоснования структуры, состава и параметров перспективного электромеханического привода высокой точности и надежности, который обеспечит основные требования выполнения заданного закона движения.

Для обеспечения проведения всего цикла проверок разработанного электромеханического привода и беззазорной передачи получены следующие научные результаты:

– Проведены испытания беззазорной планетарной роликовинтовой передачи на кинематическую точность;

– Спроектирован стенд и проведены испытания по предварительной обкатки передачи, определением ресурса, периодичности технического обслуживания;

– Спроектирован стенд испытаний синхронной работы двух передач, с нагрузкой и без нагрузки;

– Выполнено математическое моделирование процесса эксплуатации испытательного стенда с применением разработанного электромеханического привода с исполнительным механизмом беззазорной планетарной роликовинтовой передачи повышенной точности и надежности функционирования при комплексных испытаниях космической техники.

Получен патент на «Устройство для преобразования вращательного движения в поступательное» RU 2610747 C1.

Обоснование и разработка предложенного электромеханического привода, высокой точности и надежности функционирования, позволяет создавать испытательные стенды космической техники с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками, что, в свою очередь, может позволить уменьшить вероятность возникновения нештатных ситуаций при выполнении государственных и коммерческих космических программ.

Проекты высадки на Марс С. П. Королева

Слайковский В.А.
Научный руководитель – доцент Чичикова О.Б.
МАИ, каф. 002
valentin.slaykovskiy.98@mail.ru

Сергей Павлович Королев был советским учёным, инженером-конструктором, главным организатором производства ракетного оружия и ракетно-космической техники Советского Союза и основоположником практической космонавтики. Труд Королева и Гагарина создали СССР образ передовой космической державы. Несмотря на расхожее мнение, что советская космическая программа была неспособна конкурировать с западной, и т.н. «лунная гонка» была важнее марсианской программы, я попытаюсь доказать обратное.

Основной целью деятельности Королева было освоение планеты Марс, научно-теоретическая разработка космических исследований. Был спроектирован советский трехместный космический корабль для полет на Марс. Велись разработки ракеты-носителя Н1. Подобранный экипаж проходил подготовку на земных тренажерах. Для обеспечения пищей и воздухом была разработана восполняемая технология замкнутой биосистемы. Проводились анализы по психологической экспертизе будущего экипажа.

Авторитет Королева был достаточно высок, чтобы привлечь к марсианской экспедиции необходимые для этого силы и средства.

Марсианские проекты Королева по сей день остаются единственными в России официальными разработками экспедиций на Марс, а также единственными проектами использования для этого электрореактивного двигателя.

Главной причиной остановки космической программы Советского Союза послужила смерть её главного разработчика, однако, социально-политические факторы, оглядка руководства страны на мнение Запада также оказала своё влияние.

Таким образом, космический проект С.П. Королева был жизнеспособен, а лунная программа была его частью. Так, в 1962-м году разрабатывалось использование самоходного транспорта для передвижения по планетам. Техническую разработку марсохода ведут под контролем Королева ВНИИ-100 (Ленинградским институтом транспортного машиностроения) и ОКБ им. С. А. Лавочкина. Плодом этих разработок стал луноход, доставленный и в ноябре 1970-го года автоматической станцией «Луна-17» на поверхность Луны для 300-суточной работы.

Разработки колоссальной космической программы остановились в результате экономического состояния и негативного воздействия партийного руководства СССР, вмешивавшегося в разработку программ.

Перевооружение сварочных постов по сборке солнечных батарей космического назначения

Тарасов В.И.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Садковская Н.Е.
МАИ, каф. УИ
natsadkovskaya@rambler.ru

Современные предприятия России, специализирующиеся на изготовлении и сборке панелей солнечных батарей космического назначения, сталкиваются с проблемой качества коммутации фотоэлементов в секции.

Целью данной работы является создание идеальной технологии сварки серебряных контактных шинок к серебряному и золотому покрытию контактных площадок фотоэлементов из кремния и арсенида галлия, на предприятии АО «НПП«Квант». Данное предприятие специализируется на изготовлении солнечных источников питания, технологии изготовления которых за последнее время мало чем изменились. В период 1990-2016 г. происходит ухудшение эффективности выпускаемой продукции, в связи с чем происходит увеличение себестоимости изделия. Это обусловлено увеличением брака и ухудшением качества сборки фотопреобразователей (в дальнейшем ФП) на разных этапах производства.

В данной работе предусмотрено перевооружение сварочных постов сборочных участков: машины контактной сварки расщепленным электродом заменяются на машины ультразвуковой сварки (УЗС). При контактной сварке расщепленным электродом, процесс происходит при определенном токе, подающемся на конкретную площадь рабочей части электрода, который имеет пирамидальную форму торца. Для того, чтобы не происходило окисления свариваемой зоны, в область рабочей поверхности электрода подается поддув аргона. При образовании окисной пленки на электроде возрастает сопротивление «электрод-деталь» и, при сварке фотоэлементов, происходит перегрев деталей, в результате чего ухудшается качество адгезии серебряного покрытия на стеклянной подложке. После зачистки электрода, площадь контактной части увеличивается и качество сварки на том же режиме тока ухудшается.

Некоторые дефекты, связанные с микросваркой, могут оказаться скрытыми и проявляться только на следующих этапах сборки ФП или при транспортировке и эксплуатации на космической орбите. Это показывает, что ремонтопригодность ФП очень низка. При транспортировке готовой секции с предприятия изготовителя до околоземной орбиты, секция должна отличаться высокой стойкостью соединения при вибрационных и инерционных нагрузках, а при работе в космосе стойкостью к термоциклированию (от минус 100^0С до плюс 200^0С ежедневно). Изменение физики соединяемого процесса позволит избежать ряда проблем, связанных с производством ФП на предприятии. При УЗС, процент брака существенно ниже, чем при контактной сварке расщепленным электродом. Процессы УЗС характеризуются малым потреблением мощности оборудования, меньшей изнашиваемостью электродов. Во время УЗС, на поверхности элементов происходит деформация поверхностных пленок, вследствие чего качество диффузии значительно возрастает. Сварка осуществляется в твердой фазе, без существенного нагрева элементов.

Таким образом, эффективность данной работы заключается в уменьшении финансовых и временных затрат при сборке ФП. Переход с машин контактной сварки на УЗС позволит приблизить ряд автоматизированных процессов по сборке солнечных батарей.

Разработка малоразмерного планетохода «Луноход-М» для исследования поверхности Луны

Феофанов А.С.
МАИ, каф. 601
mr.feofan@yandex.ru

Федеральная космическая программа России на 2016 – 2025 годы предусматривает лунную программу, в соответствии с которой будут запущены 5 посадочных аппаратов (ПА): «Луна-Глоб», «Луна-Ресурс-1», «Луна-Ресурс-2» (резервный), «Луна-Грунт» для изучения Луны в районе её южного полюса и детальные контактные исследования приполярной области, а также доставка образцов лунного грунта на Землю.

Малоразмерный космический аппарат (МКА) «Луноход-М», рассмотренный в данной работе, представляет собой компактный планетоход с массой до 15 кг, который предлагается использовать в рамках экспедиции «Луна-Ресурс-1». Данный МКА позволяет расширить круг научных задач ПА, а также повышает надежность выполнения всей экспедиции.

Основными задачами МКА «Луноход-М» являются: фотографирование и внешний осмотр ПА «Луна-Ресурс-1» после прилунения; фото-видео съемка местности в высоком разрешении; детальное фотографирование Лунной поверхности камерой с малым углом зрения; расширение области изучения Луны (путем частичного дублирования научной аппаратуры с ПА «Луна-Ресурс-1» (сейсмометр, инфракрасный спектрометр); отработка бортового оборудования для дальнейших экспедиций.

В результате проделанных работ и исследований представлен промежуточный проектный облик МКА с массой 15 кг и массой научной аппаратуры 1,92 кг. (12,8% от массы всего МКА). «Луноход-М» представляет собой шестиколесный планетоход с самоходным шасси типа «Rocker-Bogie» («Качалка-Тележка»). Также выбран самый подходящий вариант компоновки системы электроснабжения (СЭС). Это вариант МКА с солнечными батареями (СБ), покрывающие весь его корпус. При такой компоновке мощность СБ составит 46 Вт, площадь СБ – 0,987 $м^2$, масса СБ – 2,133 кг. Емкость аккумуляторных батарей (АБ) на случай внештатных ситуаций составляет 22,8 Вт*ч, а масса АБ – 0,134 кг.

Для передачи как целевой (ЦИ), так и телеметрической информации (ТМИ) на Землю предлагается использовать схему «борт–ПА–Земля». Бортовой радиокомплекс МКА рассчитан на передачу информации на расстояние до 25 км. Скорость передачи ЦИ составляет 11,56 МБод, необходимая мощность для передачи ЦИ – 0,224 Вт, масса передатчика 0,669 кг. Скорость передачи ТМИ составляет 4,915 МБод, необходимая мощность – 1,841 Вт, масса передатчика – 0,127 кг. Для передачи ЦИ выбрана остронаправленная антенна параболического типа с коэффициентом усиления 6,25 дБ и массой 0,216 кг. Для передачи ТМИ выбрана малонаправленная антенна конического типа с коэффициентом усиления 0,474 дБ и массой 0,016 кг.

В долгосрочной перспективе после 2025 г. Россия планирует строительство Лунной базы, поэтому данный луноход сможет в дальнейшем участвовать в ее создании как мобильная унифицированная малая платформа для размещения на нем различной полезной нагрузки.

Исследование методов саморегулирования пассивных систем обеспечения теплового режима для малых космических аппаратов

Шаймарданов А.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Палешкин А.В.
МАИ, каф. 610
losashik@yandex.ru

Формат малых космических аппаратов с каждым годом становится более востребованным. Некоторые страны уже запускают группировки аппаратов по 100 и более штук за раз. NASA рассматривает возможность отправки микроспутников к Марсу после 2018 года (миссия Mars Cube One)

Обеспечение теплового режима КА является крайне важной задачей. При нарушении теплового баланса возможна поломка электронных приборов, которая может привести к потере аппарата. Ограничения, накладываемые малым размером КА, делают задачу обеспечения теплового режима крайне сложной.

Исследование посвящено применимости некоторых решений теплового саморегулирования для малых космических аппаратов. Главная их особенность заключается в отсутствии активных элементов, что позволяет повысить общую надёжность системы обеспечения теплового режима. Для использования на малых КА можно рассмотреть такие способы саморегулирования, как: разделение радиатора на шесть взаимно перпендикулярных частей, использование радиатора с переменной эффективной излучающей площадью, использование термодиодов (тепловых труб с односторонней проводимостью). Первый метод эффективен для аппаратов с произвольной ориентацией. Также он позволяет отказаться от использования нагревателя. Недостаток метода заключается в том, что чаще всего невозможно разделить радиатор на шесть частей из-за ограничений, накладываемых конструкцией. Второй метод эффективен для

аппаратуры со скачкообразным или периодическим режимом энергопотребления. Имеются случаи применения данного способа для поддержания теплового режима детектора на космическом телескопе.

Применение систем саморегулирования не широко распространено в космической технике. Возможной причиной является то, что тепловой режим регулируются только пассивными средствами, тем самым накладываются дополнительные ограничения по самой конструкции, а также по материалам и покрытиям, используемых для КА. При этом необходимо более точное моделирование внешних тепловых потоков в связи с низким уровнем реакции системы саморегулирования и достаточно большими погрешностями, возникающих при моделировании внешних тепловых нагрузок на поверхность КА с различными радиационно-оптическими характеристиками. Однако потенциал малых КА заключается в унификации конструкции, позволяющей создавать готовые решения, для использования на последующих аппаратах без дополнительной переработки, а применение систем саморегулирования позволило бы при не значительных затратах в весе и размере создать допустимый температурный режим.

Секция «Механика полёта и баллистический анализ космических аппаратов»

Оптимизация величины изменения периода в алгоритме планирования коррекций удержания КА на позиции ГСО

Агишев А.Р.
Научный руководитель – к.т.н. Касаткин В.Г.
ФАКИ МФТИ, каф. КИС
ОАО «Корпорация космических систем специального назначения «Комета»
vg_kasatkin@mail.ru, artur.agishev@phystech.edu

Востребованность геостационарных КА приводит к дефициту места для них на орбите и, соответственно, к ужесточению допуска на отклонения от заданной долготы. В ближайшем будущем допустимое отклонение должно быть ±0,05° и нельзя исключить его дальнейшего уменьшения. Реализация такой точности в космических системах требует значительных усилий. Поэтому необходимо совершенствовать методы поддержания долготы КА на ГСО, в том числе методы расчёта коррекций орбиты.

В настоящее время поддержание КА осуществляется или по т.н. предельному циклу с интервалом между коррекциями периода до одного месяца и более, или по сокращённому циклу с интервалом от нескольких суток. Уменьшенный интервал способствует поддержанию долготы с высокой точностью, однако в таком случае сказываются быстрые изменения возмущений орбиты от тяготения Луны и Солнца. Это ограничивает точность расчёта коррекции, если он выполняется только по данным изменений.

В докладе изложено усовершенствование расчёта корректирующего изменения периода путём оптимизации величины этого изменения её проверками прогнозированием полёта КА до следующей коррекции. Изложен алгоритм такой оптимизации и приведены результаты имитационного моделирования поддержания КА при цикле поддержания 7 суток в течение 1 года на долготах 130° и 80°. На этих долготах возмущение по периоду близко к максимальному и нулевому соответственно. Моделирование выполнялось, в том числе, с учётом характерных ошибок измерений и ошибок исполнения коррекций.

При отсутствии ошибок измерений и ошибок исполнения коррекций оптимизация коррекции периода уменьшила максимальные отклонения долготы на 26% и 20%, до 0,024° и 0,021°, соответственно для долготы поддержания 130° и 80°. Дальнейшему уменьшению препятствуют неустранимые суточные колебания эксцентриситета орбиты, проявляющиеся в колебаниях долготы.

Отклонения, близкие к указанным, сохранялись при ошибках исполнения и ошибках измерений по периоду до 0,1 с. При ошибках измерений периода порядка 1 с

максимальные отклонения составляли 0,053° и 0,041°. Применение оптимизации в этом случае не позволило уменьшить отклонения.

Таким образом, оптимизация величины коррекций периода может быть полезной в случае необходимости поддержания долготы с отклонением менее 0,05° при применении современных точных методов измерений.

О влиянии колебаний электродинамической тросовой системы на изменение параметров орбиты малого космического аппарата

Воеводин П.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Заболотнов Ю.М.
Самарский университет, каф. ПС
p.voevodin@inbox.ru

В работе анализируется динамика движения на орбите малого космического аппарата с электродинамической тросовой системой (ЭДТС). Предполагается, что ЭДТС работает в режиме генерации малой тяги, то есть по проводящему тросу пропускается электрический ток заданной величины. Взаимодействие троса с магнитным полем Земли приводит к возникновению силы Ампера. В зависимости от направления тока возникающая сила Ампера или поднимает высоту орбиты, или используется для понижения высоты орбиты космического аппарата (КА).

Тросовая система состоит из двух малых КА и проводящего невесомого троса. Производится построение математической модели движения системы с использованием формализма Лагранжа. За обобщенные координаты принимаются: расстояние между концевыми телами и два угла, которые определяют положение троса относительно орбитальной подвижной системы координат. Рассматривается пространственный случай движения, то есть КА движется по эллиптической орбите с некоторым наклонением, причем наряду с изгибными колебаниями имеют место поперечные маятниковые колебания ЭДТС относительно общего центра масс системы. Для оценки изменения параметров орбиты центра масс ЭДТС используется система обыкновенных дифференциальных уравнений в оскулирующих элементах, учитывающая составляющие силы Ампера, действующие в плоскости и по бинормали к плоскости орбиты.

С помощью построенной математической модели были получены все равновесные положения системы и проанализирована их устойчивость. В режиме генерации тяги можно использовать движения ЭДТС вблизи двух положений равновесия, в которых трос занимает положение, близкое к вертикали. Это связано со стабилизирующим действием гравитационных сил, то есть с реализацией движения, близкого к режиму гравитационной стабилизации. Однако влияние электромагнитных сил приводит к некоторым достаточно интересным эффектах. В частности, было установлено, что положения равновесия рассматриваемой системы вблизи вертикали на орбите неустойчивы в малом, то есть линеаризованная относительно этих положений равновесия система почти всегда имеет собственные значения с положительными вещественными частями. Исключение составляют лишь случаи, когда концевые тела имеют равные массы (все собственные значения мнимые). Однако, как показали результаты моделирования, неустойчивость в малом не исключает возможности использования ЭДТС в режиме генерации тяги. Это связано с тем, что в окрестности рассматриваемых положений равновесия имеют место устойчивые автоколебания. В работе проводится анализ влияния соотношения масс и направления тока на параметры возникающих автоколебаний. Показано, что амплитуда автоколебаний зависит от положений равновесия ЭДТС. Если в положении равновесия нижнее концевое смещается по направлению орбитального движения центра масс системы, то это приводит к устойчивым автоколебаниям с существенно меньшей амплитудой. От положений равновесия системы зависит предельная или критическая величина тока, при превышении которой ЭДТС переходит во вращение.

Таким образом, исследования, проведенные в работе, показывают, что при проектировании ЭДТС для повышения эффективности их работы в режиме генерации тяги обязательно необходимо учитывать возникающие формы изгибных и поперечных колебаний троса.

Применение многоимпульсных схем маневрирования для возврата к Земле с орбиты искусственного спутника Луны

Гаврикова Н.М.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Голубев Ю.Ф.
МОКБ «Марс»; МГУ им. М.В.Ломоносова
ng062974@gmail.com

При проектировании как пилотируемой, так и беспилотной (например, «Луна-Грунт») лунной экспедиции необходимо решать задачу разработки надежной системы безопасного возвращения космического аппарата (КА) на Землю. Эта задача приобретает особую актуальность в случае возникновения нештатных ситуаций. Для ее решения требуется разработать алгоритм расчета траектории возврата к Земле с любой орбиты искусственного спутника Луны.

Исследуется задача построения траектории возврата к Земле с орбиты искусственного спутника Луны с применением многоимпульсной схемы маневрирования для уменьшения затрат топлива. Снижение суммарной характеристической скорости считается эквивалентным снижению расхода топлива. Интерес представляют одноимпульсная и трехимпульсная схемы, которые признаны оптимальными. Увеличение количества маневров приводит к уменьшению суммарной характеристической скорости. В зависимости от ориентации орбиты искусственного спутника Луны, затраты характеристической скорости при использовании трех импульсных маневров могут быть сопоставимы с затратами при использовании одного маневра. Для таких ситуаций использование одноимпульсной схемы является оптимальным.

При построении траектории возврата требуется решать краевую задачу. На правом конце заданы условия входа в атмосферу Земли, на левом конце – параметры орбиты искусственного спутника Луны. Требуется определить последовательность импульсных маневров, обеспечивающую переход КА на гиперболу возврата с заданными краевыми условиями. Основная проблема заключается в необходимости поиска подходящего первого приближения для достаточной сходимости численных методов, применяемых для краевой задачи.

По условиям входа в атмосферу Земли и фиксированному моменту времени старта с орбиты искусственного спутника Луны определяется номинальный вектор асимптотической скорости гиперболы возврата. По известному вектору асимптотической скорости строится многоимпульсная схема перехода на траекторию возврата. Далее производится коррекция вектора асимптотической скорости с учетом времени попадания на границу сферы действия Луны. Результатом этой процедуры является первое приближение траектории возврата и импульсных маневров.

Путем численного расчета определяется невязка, которую необходимо минимизировать. Невязка представляет собой вектор отклонений параметров входа в атмосферу от заданных значений.

Проведено сравнение различных схем маневрирования. Приведены результаты численного моделирования в рамках задачи трех тел (Земля – Луна – КА) с учетом нецентральности гравитационных полей.

Метод оценки точности параметров движения КА в задаче приведения к Венере

Гаммал А.С.
Научный руководитель – д.ф-м.н. Тучин А.Г.
ФГУП «МОКБ «Марс», ИПМ им. М.В. Келдыша
gammal@yandex.ru

При проектировании полётов космических аппаратов (КА) к планетам важную роль играет оценка точности приведения аппарата. Технические характеристики средств выведения самих КА, а также наземных средств измерения параметров движения не позволяют пренебрегать имеющимися погрешностями.

Разгонный блок при выведении КА на орбиту перелёта к планете с некоторой ошибкой. Для компенсации ошибок выведения производят коррекцию траектории движения аппарата. При этом коррекция также выполняется с некоторой погрешностью. Поэтому, по мере приближения аппарата к планете и накопления достаточного количества измерений параметров движения аппарата, производят коррекции перелётной орбиты посредством включения двигательных установок КА. Обработка измерений и расчёт по ним коррекций обычно выполняются на Земле.

Требуется моделировать возникающие ошибки приведения можно использовать ковариационную матрицу ошибок. При этом обычно предполагается, что ошибки состояния носят случайный характер и распределены по нормальному закону с нулевым средним. Траектории, порождаемые неопределённостью начальных координат, могут быть представлены в этом случае некоторой номинальной траекторией и соответствующей ей ковариационной матрицей ошибок, зависящей от времени. Такие предположения допустимы в линейном приближении при малых отклонениях вектора состояния от номинала. При больших начальных отклонениях и при длительных перелётах необходимо учитывать нелинейную зависимость отклонений в конечный момент времени от отклонений в начальный момент времени.

Методы Монте-Карло позволяют учесть такую зависимость. Однако в случае использования этих методов для всех варьируемых параметров количество вычислений растёт в геометрической прогрессии при увеличении числа коррекций траектории.

Для решения этой проблемы рассматривается семейство алгоритмов, на основе метода Монте-Карло. Множество неопределённости параметров движения КА покрывается некоторыми пробными точками. Для каждой из этих точек путём численного интегрирования до момента наступления коррекции вычисляется траектория. Требуется рассчитывать коррекцию для каждой из моделируемых траекторий. Поэтому перед коррекцией количество моделируемых траекторий уменьшается до некоторого допустимого числа. Для уменьшения количества траекторий предлагается семейство алгоритмов на основе метода пространственной квантификации с учётом характеристик эллипсоида рассеивания траекторий. Для каждой скорректированной траектории моделируется ошибка исполнения коррекции, которая увеличивает количество интегрируемых траекторий. Описанные шаги повторяются для каждой коррекции.

Рассмотрен один из предложенных алгоритмов и приведены результаты его работы. Расчёты выполнены для проекта «Венера-Д».

Возможные схемы орбитального функционирования наноспутников с использованием тросовых систем

Гореленков Д.П.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Иванов В.А.
МАИ, каф. ММиК
Dima-Gorelenkov@yandex.ru

В настоящее время для решения многих проблем используется система наноспутников (НС) с использование тросовых систем (ТС). Вместе с этим актуальным становится вопрос о развертывании системы НС на круговых и эллиптических орбитах. В таких ТС в качестве концевых элементов используется базовый объект (МКС или специальный космический аппарат) и блок разведения (БР), в который входит комплект антенно-тормозного устройства (АТУ).

В зависимости от решаемых НС задач их функционирование может осуществляться на орбитах, расположенных выше орбиты базового объекта (вывод АТУ на более высокую орбиту) или ниже орбиты базового объекта (например, для ускорения процесса очищения космоса от отработанных объектов).

Схемы вывода АТУ на орбиту определяются режимами движения ТС. Для вывода АТУ вверх по отношению к БО могут использоваться равновесный стационарный режим, режим колебания относительно вертикального положения равновесия и вращение ТС вокруг БО, режим прямолинейного развертывания ТС. Сравнение показателя

эффективности для рассматриваемых режимов говорит о том, что переход от равновесного стационарного режима к режиму колебаний более результативен, а при переходе к режиму вращения, теоретически, можно получить сколь угодно большие значения эффективности. Однако практически реализация с помощью режима вращения связана с техническими трудностями.

Тросовые системы с НС могут находиться в космосе время, значительно превышающее требуемую продолжительность их функционирования. Чтобы избежать необходимости принятия специальных мер по их ликвидации, может оказаться целесообразным использовать ТС, совершающих полет по более низким орбитам. Кроме того, может быть необходимым функционирование НС на более низких орбитах. Задачи вывода на верхнюю и нижнюю орбиту методически имеют много общего. Однако при выводе ТС на нижнюю орбиту можно учесть возможнось входа АТУ в плотные слои атмосферы и тем самым прекращение функционирования НС.

Экономия топлива за счет сближения космических объектов с использованием тросовых систем

Зорин А.А., Скопинцев П.Д.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Иванов В.А.
МАИ, каф. ММиК
5pmh098@mail.ru

Предполагается, что в процессе выполнения операции сближения с некоторого базового объекта (БО) на тросе выпускается привязной объект (ПО), непосредственно решающий задачу встречи ПО с заданным космическим аппаратом (КА).

Приведенные в работе результаты свидетельствуют о том, что применение связки для решения задачи сближения и встречи с КА позволяет во многих случаях получить значительную экономию топлива. Эта экономия особенно существенна для реализации встречи при большом удаление орбиты КА от орбиты БО связки. Так для однократного применения связки при разных режимах движения ТС экономия топлива достигает значений до 260 *кг*. Особенно большая экономия топлива может быть получена при многократном применении связки для решения задачи встречи в космосе. При десятикратном сближении с КА экономия топлива может превышать 2500 *кг*.

Существенная экономия топлива может быть также достигнута за счет применения связки для последовательного облета системы КА, движущихся круговой орбите радиуса. Так при облете только трех КА экономия топлива составляет 255 *кг*, при облете 6 КА 699 *кг*, а при облете 12 КА уже 1867 *кг*. Такая экономия топлива свидетельствует о перспективности применения связки для последовательного облета системы КА.

Для выполнения операции облета системы КА в зависимости от того сколько раз должен быть осуществлен облет системы КА на разных орбитах и требуется ли при облете регулировать длину троса могут использоваться одноразовые и многоразовые системы развертывания троса.

Выигрыш в массе системы сближения и системы облета КА за счет применения тросовой системы оказывается значительным при больших массах ПО, решающего задачи сближения и облета системы КА. Например, в случае однократного сближения из равновесного режима движения связки при r_0 = 6671 *км*, r_A, = 7338 *км* для массы $m_П$ = 2000 *кг* выигрыш в массе системы сближения составляет примерно 190 *кг*, а для $m_П$ = 5000 *кг* уже 475 *кг*. Для облета системы 6-и КА, движущихся по орбите радиуса r_A = 8000 *км* экономия в массе системы для привязанного объекта массой $m_П$ = 2000 *кг* составляет 699 *кг*, а для ПО с массой 5000 *кг* уже 1745 *кг*.

Все полученные результаты свидетельствуют о достаточно высокой эффективности использования тросовых систем для сближения и встречи в космосе и для облета системы КА.

Методика определения рациональных режимов движения тросовой системы для свода объектов с орбиты за счет атмосферы Земли

Павлович Д.Д.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Купреев С.А.
МАИ, каф. ММиК
dima1929@live.ru

По мнению многих специалистов космические тросовые системы в ближайшем будущем могут найти применение для решения ряда актуальных проблем. Особенно важной представляется проблема свода с орбиты отработавших КА, так как дальнейший рост количества космического мусора ставит вопрос безопасности космических полетов.

Один из технически простых способов решения этой проблемы является свод КА с орбиты высотой в перигее до 300 км за счет развертывания атмосферного тормозного устройства. Это устройство представляет собой тросовую систему (ТС), базовым объектом которой является отработавший КА. Вторым концевым объектом служит противовес усиливающий эффект гравитационной стабилизации ТС. Соединительный трос значительно увеличивает общее аэродинамическое сопротивление ТС и играет роль аэродинамического тормоза.

Разработана математическая модель движения связанных объектов в центральном ньютоновском поле силы тяготения Земли с учетом аэродинамической силы сопротивления верхних слоев атмосферы и массы троса. Эта модель представлена в виде автономной динамической системы второго порядка и для ее анализа применяется математический аппарат качественной теории динамических систем и теории бифуркаций.

Построены возможные типы качественных структур, что позволило составить полное представление об относительном движении связанных объектов. В результате анализа всех типов качественных структур фазовых траекторий определена совокупность реализуемых режимов движения ТС, которые соответствуют устойчивым особым фазовым траекториям системы и совокупности орбитно-устойчивых неособых фазовых траекторий, заполняющих фиксированные области фазовой поверхности с учетом полученных условий нахождения динамической системы на связи (при натянутом тросе).

Количество реализуемых режимов движения оказывается ограниченным, что позволяет выделить среди них рациональный режим по сформулированным показателям эффективности применительно к задаче свода КА с орбиты.

Проведено математическое моделирование нескольких вариантов проектного облика ТС и даны рекомендации по целесообразности их применения. Результаты исследования подтверждают перспективность применения ТС для осуществления снижения легких малых КА с орбиты функционирования с последующей их ликвидацией в плотных слоях атмосферы. Наиболее перспективным для свода малых спутников с круговых орбит является применение равновесного стационарного режима движения ТС, а для спуска с эллиптических орбит целесообразно применять режим малых колебаний.

Проведен анализ движения концевых объектов при разрыве связки. В случае нештатного перехода ТС в режим аэродинамической раскрутки вокруг своего центра масс следует как можно быстрее расцепить ТС с целью недопущения опасных для других космических объектов перехода одного из объектов связки на более высокую орбиту.

Создание атмосферных тормозных устройств представляется одним из наиболее востребованных проектов использования орбитальных ТС. Реализация такого проекта с использованием малых спутников видится наиболее дешевым и быстрым способом достижения цели.

Применение космических тросовых систем в процессе вывода объектов на орбиту

Зорин А.А., Скопинцев П.Д.
Научный руководитель – профессор д.т.н. Иванов В.А.
МАИ, каф. ММиК
chgpashka@gmail.com

При осуществлении вывода КА на орбиту, обычно, сначала аппарат выводится на сравнительно низкую промежуточную орбиту и затем за счет работы последней ступени ракеты-носителя (РН) осуществляется окончательный вывод КА на заданную орбиту.

Рассматривается более эффективная схема вывода, в которой вместо последней ступни РН используется тросовая система (ТС), а окончательный вывод на орбиту производится без использования двигательной установки.

В этом случае ТС включает в себя отработанную ступень РН выводимый на орбиту КА, которые соединены тросом.

Развертывание связки производится вверх с увеличением высоты и скорости полета выводимого КА.

При достижении заданной длины троса развертывание связки заканчивается и ТС переводится в режим вращения вокруг центра масс (ЦМ) с постоянной угловой скоростью.

Это достигается за счет регулирования длины троса по определенному закону.

Тогда, когда ТС в процессе вращения занимает необходимую ориентацию относительно местной вертикали, происходит расцепление ТС и КА переходит на конечную орбиту.

Для решения задачи была разработана методика прочета параметров относительного движения связанных объектов в характеристики абсолютного движения.

Это необходимо для определения требуемого момента связки.

Получены аналитические зависимости для расчета параметров орбиты, на которую переходит КА после расцепления связки.

Разработана методика оценки выигрыша в энергетике за счет применения ТС для вывода КА на орбиту.

Выигрыш в энергетике определяется значениями характеристической скорости и массой топлива, которая необходима для вывода ККА на ту же орбиту с использованием последней ступени РН с обычной двигательной установкой.

Проведенные по разработанной методике расчеты свидетельствуют о достаточно высокой эффективности применения ТС для вывода КА на орбиту, а также для обеспечения функционирования наноспутников.

Задачи сближения космических объектов с использованием тросовых систем

Соколов Н.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Иванов В.А.
МАИ, каф. ММиК
5pmh098@mail.ru

В настоящее время у нас в стране и за рубежом решается комплекс задач, направленных на практическое применение гибко связанных космических объектов (связок). Одной из этих задач является задача сближения и встречи космических аппаратов (КА).

Предполагается, что связка состоит из орбитальной станции (ОС) и привязного объекта (ПО), соединенных тросом. Задачу встречи с КА, совершающим орбитальный полет, решает ПО. Все операции сближения можно разделить на две группы. Первая группа операций предполагает решение задачи встречи КА с “жестким" контактом, а вторая - с “мягким” контактом, т.е. при нулевом значении относительной скорости. Те и другие операции могут выполняться с расцеплением связки и без её расцепления.

Расцепление связки может производиться в начале операции сближения и на ее конечном участке. Расцепление на начальном участке осуществляется в тех случаях, когда

вследствие ограниченной длины соединительного троса ПО не может осуществить непосредственную встречу с КА. Это имеет место при существенном удалении орбит связки и КА.

Непосредственно перед расцеплением связки должны быть обеспечены такие параметры относительного движения связанных объектов, которые позволяют после расцепления связки осуществить переход ПО на траекторию встречи с КА.

Расцепление связки на конечном участке сближения производиться в том случае, когда в дальнейшем предполагается осуществлять совместный полет ПО и КА в состыкованном состоянии или требуется реализация группового полета ПО и КА. Это можно реализовать при сравнительно небольшом удалении орбит КА и связки.

Для реализации процесса сближения ПО и КА могут быть использованы все основные режимы движения связки: равновесный стационарный режим, режимы колебаний и вращения, а также режим прямолинейного развертывания тросовой системы. В работе основное внимание уделяется решению сближения из равновесного стационарного режима движения связки с ее расцеплением при переходе ПО на траекторию встречи. Рассмотрено сближение с КА движущимися по круговым и эллиптическим орбитам.

Разработана методика определения необходимой длины троса для реализации сближения ПО и КА, расчета относительной скорости а момент встречи и оценки выигрыша в энергетике за счет применения связки для решения задачи встречи. Отдельно рассматриваются случаи внешнего и внутреннего расположения орбиты КА по отношению к орбите связки.

Результаты расчетов подтверждают достаточно высокую эффективность применения связки для решения задачи сближения и встречи в космосе.

Оптимизация активного гравитационного манёвра по критерию минимума величины характеристической скорости

Хитрецов Н.И.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Константинов М.С.
МАИ, каф. 601
NekitHitr@yandex.ru

Гравитационный манёвр – элемент траектории межпланетного перелёта КА, позволяющий достичь значительных эффектов изменения характеристик гелиоцентрического движения КА. Его применение может привести к уменьшению потребных энергетических затрат на перелёт и расширению окон запуска за счёт изменения величины и направления скорости КА энергией промежуточной планеты. Исследованию одноимпульсного активного гравитационного манёвра посвящена данная работа. Основным критерием при решении транспортных задач в космонавтике является массовый критерий (масса КА, масса требуемого топлива и т.д.). На его величину существенно влияет выбираемая схема гравитационного маневра и его параметры, определяющие характеристическую скорость маневра. Минимум этой скорости приводит к минимуму массы требуемого топлива. Входными данными для анализа гравитационного манёвра рассматриваем планетоцентрические скорости входа и выхода КА из грависферы промежуточной планеты и угол между этими скоростями. Величины промахов в картинной плоскости при входе и выходе из неё можно рассматривать как выбираемые параметры маневра. Поскольку имеется взаимосвязь между скоростью КА и величиной большой полуоси орбиты, как и между величиной промаха в картинной плоскости и малой полуосью, варьирование значений промахов будет определять подлётную и отлётную орбиты. Параметрами гравитационного маневра, определяющими гравитационный маневр в его плоскости, предлагается выбрать следующие две характеристики: угол между линиями апсид подлётной и отлётной гипербол и величину промаха в картинной плоскости при входе в грависферу промежуточной планеты. Точек пересечения подлётной и отлётной гипербол может быть от ноля до двух. Для каждой точки пересечения ищутся векторы скоростей КА на каждой из орбит. Величина разницы

этих векторов даёт потребную для корректировки движения КА характеристическую скорость, определяющую эффективность манёвра. Таким образом, задача оптимизации гравитационного маневра сводится к задаче минимизации характеристической скорости в пространстве двух выбираемых параметров. Этими параметрами являются промах в картинной плоскости и упомянутый угол между линиями апсид. При выборе параметров гравитационного маневра необходимо учитывать ограничение, связанное с тем, что в процессе маневра удаление КА от гравитационного центра планеты должно быть больше радиуса планеты с учетом её атмосферы. Разработан итерационный алгоритм решения поиска минимума функции двух аргументов. При этом выбираемые параметры гравитационного маневра варьируются с некоторым шагом. Для каждого значения первого параметра, закреплённого на данном этапе алгоритма, варьируется второй. На каждом шаге для пары значений параметров определяется наличие пересечений подлетной и отлетной гипербол. Если гиперболы пересекаются, вычисляются величины характеристической скорости. Если пересечений два, то скорости сравниваются. Для каждого полученного решения проверяется выполнение условия по достаточной удаленности КА от планеты. В итоге на плоскости двух выбираемых параметров гравитационного маневра строится матрица значений характеристической скорости. Если пересечений гипербол нет, эта скорость считается бесконечной. Результат анализа хорошо иллюстрируется изолиниями характеристической скорости на плоскости выбираемых параметров маневра. Полученное минимальное значение характеристической скорости принимается как решение рассмотренной задачи. Параметры маневра, соответствующие этому минимальному значению, рассматриваются как параметры оптимального гравитационного маневра.

Оптимизация двухимпульсного перелета между двумя произвольными компланарными эллиптическими орбитами

Шумский Д.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Константинов М.С.
МАИ, каф. 601
ShumskyDmitriy@yandex.ru

Огромное практическое значение имеет задача оптимизации перелета между эллиптическими орбитами, так большинство орбит требуемых аппаратами различного прикладного назначения являются эллиптическими начиная от солнечно-синхронной заканчивая геостационарной. Для перехода на эти орбиты можно использовать различные схемы перелета, наиболее распространены: одноимпульсная, двухимпульсная и трехимпульсная.

Так как одноимпульсный перелет требует пересечения исходной и конечной орбит, а трехимпульсный перелет, как правило, требует значительных временных затрат, то двухимпульсные перелеты являются наиболее востребованными.

Задача двухимпульсного перелета между эллиптическими орбитами может трактоваться как задача нахождения эллипса, имеющего общие точки с начальной и конечной орбитами. Зная геометрические параметры этого эллипса (рассматриваемого в качестве переходной орбиты) можно найти величины требуемых импульсов.

Критерием оптимизации перелета выбрана характеристическая скорость, так как именно она является наиболее важным параметром переходной орбиты, определяющим массу выводимой на конечную орбиту.

В общем случае линии апсид начальной и конечной орбит не совпадают, при этом не удается аналитически найти оптимальную схему перелёта и приходится использовать численные методы оптимизации.

В настоящей работе предлагается использовать следующий алгоритм оптимизации схемы перелета.Алгоритм основан на последовательном переборе параметров $\theta_{нач}$, $\theta_{кон}$, $\omega_{пер}$ перелетной орбиты. По каждому параметру задается шаг N при переборе.

Начальная и конечная орбиты задаются следующими характеристиками:

$p_{нач}$, $p_{кон}$ – фокальные параметры орбит;

$e_{нач}$, $e_{кон}$– их эксцентриситеты;

$\Delta\omega$ – угол между линиями апсид начальной и конечной орбит.

ΔV_{Σ} – требуемое значение характеристической скорости. Оно рассматривается как функция трех выбираемых параметров схемы перелета:

$\theta_{нач} \in [0°;360°)$ – угловая координата первого импульса.

$\theta_{кон} \in [0°;360°)$ – угловая координата второго импульса.

$\omega_{пер} \in [0°;180°)$ – угол между линями апсид начальной и переходной орбит.

Все углы отсчитываться в полярной системе координат с осью направленной в перицентр исходной орбиты.

Например, если принять шаг N равным 1°,то число анализируемых вариантов схемы перелета равно 23328000. Среди полученного массива возможных перелетных орбит находится орбита с минимальным требуемым значением характеристической скорости. Уменьшение шага приводит к более точному нахождению оптимального решения.

Секция «Ракетная техника: проектирование и конструирование»

Повышение точности оценки технического состояния металлоконструкций подъемно-транспортного оборудования ракетно-космических комплексов

Агафонов К.В.
АО «Корпорация «СПУ-ЦКБ ТМ»
kiris2@mail.ru

Наличие в составе ракетно-космических комплексов значительного количества устаревшего подъемно-транспортного оборудования с многократно продленными сроками его эксплуатации способствует возрастанию риска возникновения аварий и катастроф. Одним из наиболее ответственных элементов подъемно-транспортного оборудования является силовая металлоконструкция, разрушение которой приведет к негативным последствиям и внушительным затратам, связанным с ликвидацией этих последствий. Данный риск особенно характерен для послегарантийного периода эксплуатации. Поэтому повышение точности оценки технического состояния металлоконструкций подъемно-транспортного оборудования является актуальной задачей.

На точность оценки технического состояния металлоконструкций оказывает влияние полнота и достоверность информации, получаемой в ходе проведения технического диагностирования. Анализ практики проведения технического диагностирования металлоконструкций показал, что существующие способы и методы не учитывают влияние скрытых дефектов и несплошностей материалов.

Учитывая характерные особенности подъемно-транспортного оборудования ракетно-космических комплексов и современное состояние вопроса технического диагностирования металлоконструкций, наиболее целесообразно проводить оценку технического состояния с применением средств неразрушающего контроля методом акустической эмиссии. Так же необходимо учитывать влияние скрытых дефектов и несплошностей материалов на техническое состояние металлоконструкций.

Разработаны результаты исследований особенностей механизмов трещиностойкости с учетом скрытых дефектов и несплошностей материалов силовых металлоконструкций подъемно-транспортного оборудования в условиях, близких к условиям, возникающим в ходе нормативных статических испытаний пробными нагрузками, а также соответствующих им распределений сигналов акустической эмиссии по амплитудам и частотам. В том числе обоснован выбор состава, количества и параметров заготовок и образцов, различных по степени распространенности скрытых дефектов и несплошностей материалов. Проведена экспериментальная оценка влияния длительной эксплуатации на показатели статической трещиностойкости основного

металла, зон сварного шва и зон термического влияния. Проведены исследования генерации упругих колебаний в материалах и сварных соединениях с усталостной трещиной при нагружении на экспериментальной установке, которая позволяет исследовать влияние величины нагружения, геометрических параметров трещины и образцов на изменение параметров акустической эмиссии, сопровождающих процессы разрушения образцов.

С целью повышения точности оценки технического состояния металлоконструкций подъемно-транспортного оборудования ракетно-космических комплексов необходимо:

проведение анализа механизмов повреждения металлоконструкций по результатам технического диагностирования с применением средств акустико-эмиссионного контроля;

определение характеристик трещиностойкости основного металла и сварных соединений металлоконструкций при циклическом разрушении, необходимое для моделирования процессов разрушения близких к эксплуатационным и получения характеристик, позволяющих прогнозировать работоспособность металлоконструкций;

обоснование выбора варианта принятия решения по результатам оценки технического состояния металлоконструкций с учетом скрытых дефектов и несплошностей материалов.

Анализ внедрения пусковых контейнеров на развитие ракетной отрасли

Адеев А.Х.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Ярославцев Н.Л.
МАИ, каф. ТППДЛА
adei-vip@mail.ru

Создание и внедрение устройств для пуска и хранения ракет – один из ключевых этапов развития ракетной техники. Необходимость их наличия проявлялось в тех местах, в которых зарождалось искусство производства ракет.

Изделие не должно покидать завод-изготовитель без транспортно-пускового контейнера, в котором оно и будет находиться вплоть до самого старта. Конструкторам подвижно-грунтового комплекса пришлось выполнить колоссальный объем работы для того, чтобы обеспечить создаваемому объекту необходимый уровень защиты от атмосферных воздействий, а также решить вопросы эксплуатации. Проект подвижно-грунтового комплекса включал в себя две главные задачи: создание ракеты с учетом накопленных знаний, а также разработку транспортно-пускового контейнера. Создание контейнера осложнялось отсутствием опыта работ в данном направлении. Поэтому, фактически все конструкторские решения, созданные в ходе проектирования контейнера, были признаны изобретениями.

Для того, чтобы определить роль и значимость контейнера, нужно проанализировать его место и возложенные на него функции. По своему назначению транспортно-пусковой контейнер был создан для обеспечения заданного температурно-влажностного режима содержания ракеты, поддержания внутри контейнера необходимых параметров газовой среды и контроль этих параметров на всех этапах эксплуатации ракеты. Контейнер исключает вредное влияние на ракету атмосферных условий, пыли, солнечной радиации; предохраняет ее от механических повреждений в процессе транспортировки; обеспечивает боевое дежурство и направленное движение ракеты в начальный период пуска при газодинамическом или минометном старте.

Обобщенно процесс пуска ракеты выглядел следующим образом. По команде системы управления незамедлительно, с помощью кумулятивного шнура "отрезалась" верхняя крышка транспортно-пускового контейнера и пороховым ракетным двигателем уводилась в сторону. В этот момент запускались пороховые аккумуляторы давления, установленные на нижнем днище контейнера. Вырабатываемые ими газы выталкивали ракету, и, после выхода ее из контейнера, при наборе заданной высоты запускался маршевый двигатель.

Сейчас пусковые установки являются неотъемлемой частью ракетного комплекса. В наземном оборудовании они занимают ключевое место, наряду с ракетой, являются

второй составной частью всего ракетного комплекса. Именно совершенствование пусковых устройств, во многом определяющих технический облик ракетных комплексов, позволило в основном решать задачу обеспечения живучести.

Применение транспортно-пускового контейнера позволило снизить массовые показатели ракеты, повысить её надёжность и боеготовность, упростить операции по транспортировке ракеты, её установке в пусковое устройство и подготовке к старту.

Пусковые устройства являются одним из наиболее сложных и дорогостоящих элементов современной ракетной техники. Таким образом, грамотный анализ развития пусковых устройств может способствовать развитию и усовершенствованию ракетной технике и отрасли в целом.

Анализ известных способов защиты от перегрузок особо важных грузов при транспортировании

Аркадьев Д.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Рулев С.В.
ВА РВСН им. Петра Великого, каф. 11
arkadev.denis@yandex.ru

При транспортировке контейнеров с ракетами железнодорожным и автодорожным транспортами на ракету действуют силы в поперечном направлении, на которые она не рассчитана. Это обусловлено и тем, что ракета транспортируется в горизонтальном положении. При этом перегрузки могут оказаться за пределами допустимых значений, что может привести к выходу из строя как отдельных агрегатов и систем, так и объекта в целом.

Анализ известной научно-технической литературы по данному вопросу показывает, что при транспортировке ракеты по грунтовым дорогам на ракету действуют динамические нагрузки значительно превышающие расчетные.

Для снижения воздействий на объект, особенно в местах крепления, снижения амплитуды и частоты представляется возможным за счет использования системы вторичного подрессоривания.

Введение упруго-демпфирующих элементов между ракетой и контейнером приводит к значительному уменьшению перемещений и ускорений ракеты, но не достаточных для её защиты.

Поэтому целесообразно для значительного (на 20..57%) повышения защиты транспортируемой ракеты целесообразно использовать магнитожидкостные системы вторичного подрессоривания переменной структуры с одновременным независимым управлением упругой и демпфирующей характеристиками в масштабе времени близком к реальному – практически безынерционной ($\tau_{пп} \leq 0{,}005$с).

Проведенные исследования показывают, что управляемые магнитожидкостные системы вторичного подрессоривания, установленные в местах крепления ракет к контейнеру следует выполнять в виде энергоёмких, высоконадёжных и герметичных пневмомагнитожидкостных амортизаторов с установленными в ходе сжатия и отбоя секциями из параллельно включённых упруго-демпфирующих элементов с разными значениями характеристик сопротивления и жёсткости, и обеспечивающими таким образом достаточно широкое семейство рабочих характеристик, позволяющих для каждого нагружения выбрать рациональную характеристику.

Таким образом, применение магнитожидкостной системы вторичного подрессоривания позволит обеспечить высокую защищенность ракеты при транспортировании.

Исследование алгоритмов микроконтроллерной системы управления магнитожидкостного виброизолятора

Архангелов А.Г.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Рулев С.В.
ВА РВСН им. Петра Великого, каф. 11
andrey_taviak@mail.ru

В процессе эксплуатации объектов подвижного и стационарного оборудования ракетных и ракетно-космических комплексов нередко возникает проблема их защиты от ударов и вибраций.

Вибрационные перегрузки вызывают разрушение приборов, увеличивают погрешности прецизионной аппаратуры, снижают ее надежность, а при воздействии на организм человека – вызывают изменения как физиологического, так и функционального состояния. Ударные воздействия, в свою очередь, предъявляют критичные требования по быстродействию систем вибро- удорозащиты.

Наиболее полно требованиям по надежности и быстродействию удовлетворяют управляемые магнитожидкостные системы вибро- удорозащиты. Получение алгоритмов управления в системе виброзащиты возможно и целесообразно с использованием микроконтроллера, установленного в тракте регулятора. На микроконтроллер можно возложить задачи получения полной информации о пространственных координатах объекта амортизации по одному или нескольким параметрам состояния, измеренным с помощью датчиков информации, например датчиками ускорения, положения или давления. Кроме того, задачи динамической коррекции системы достаточно просто решаются с помощью цифровых корректирующих алгоритмов на микропроцессоре.

Использование программируемого микроконтроллера в качестве основного управляющего элемента обуславливает самонастраиваемость системы виброзащиты, имеющей существенные преимущества по сравнению с обычными системами автоматического регулирования с «жестким» алгоритмом управления, поскольку обладает способностью изменять свои параметры (характеристики), а иногда и структуру при меняющихся внешних или внутренних воздействиях. Это свойство исключительно важно при широком диапазоне изменения возмущающих воздействий (вибрация – удар). Кроме того самонастройка позволяет повысить показатели надежности. Существенными преимуществами системы также являются – небольшие массогабаритные характеристики конечного изделия, внедрение управляемых систем при незначительных конструктивных изменениях уже имеющихся амортизационных устройств, высокое быстродействие, низкий уровень энергопотребления.

Для реализации поставленной задачи по использованию микроконтроллера в качестве управляющего и логического устройства магнитожидкостной системы виброзащиты требуется создание экспериментальной установки, имеющей наиболее близкие характеристики к имеющимся амортизационным устройствам и испытание на вибростенде с изменяемым диапазоном колебательных возмущений для подтверждения теоретических результатов моделирования и разработки новых алгоритмов управления.

Обоснование выбора типа игры для дуэльной ситуации между беспилотным планирующим летательным аппаратом и противоракетой

Асадулин В.А., Квятковский О.Ю., Таныгин А.В.
Научный руководитель –доцент, д.т.н. Байрамов К.Р.
ВА РВСН им. Петра Великого, каф. 26
olegkvyatkovsky@mail.ru

При решении задачи по нахождению оптимального противоперехватного маневра беспилотного планирующего летательного аппарата (БПЛА) на конечном участке полета в условиях противоракетной обороны необходимо рассматривать задачу двух игроков.

Задача БПЛА - поражение намеченной цели с заданной точностью и, при необходимости, совершение противоперехватного маневра. Задача противоракетного

комплекса – перехват БПЛА с места старта противоракеты (ПР), используя весь боезапас. Совокупность этих задач будет представлять собой дуэльную ситуацию «БПЛА-ПР» в виде антагонистической игры двух игроков. Такие задачи решает теория игр.

При решении дуэльной ситуации «БПЛА-ПР», необходимо моделирование стратегий двух игроков. Интересы игроков прямо противоположны и, следовательно, игра носит антагонистический характер. В одной партии каждый игрок делает по одному ходу, после чего определяется промах. Так как результатом моделирования конфликтной ситуации будет один результат, то игра будет представлять собой игру с нулевой суммой. При моделировании перехвата игра будет с конечным набором стратегий игроков.

Дуэльная ситуация «БПЛА-ПР» будет соответствовать одноходовой антагонистической игрой двух игроков с нулевой суммой и заданным числом стратегий, определяющую задачу как матричную игру.

Для решения поставленной задачи необходимо составить платежную матрицу. БПЛА должен поразить цель, используя i-ю стратегию, а ПР, используя j-ю стратегию, должен защитить этот объект.

Постановка задачи отыскания оптимального по безопасности маршрута БПЛА в форме матричной игры, во-первых, вносит определенный смысл и порядок в проведение численных экспериментов по перехвату БПЛА. Во-вторых, позволяет с единых позиций оценить эффективность различных маневров БПЛА в зоне поражения ПР. В-третьих, путем «переигровки» отдельных партий игры с внесением поправок в параметры манёвров БПЛА можно сформировать либо полностью безопасный маршрут БПЛА, либо максимально близкий к нему.

В задаче формирования оптимального по безопасности маршрута БПЛА на конечном участке необходимо определиться относительно допустимого значения вероятности поражения БПЛА. Безопасным маршрутом и соответствующей ему оптимальной по безопасности траекторией с противоперехватным маневром будем считать ту, на которой вероятность поражения БПЛА не превосходит значения на любом из возможных рубежей перехвата. Однако добиться этого, возможно, не удастся на некоторых рубежах при любом типе маневра. Тогда оптимальными можно признать маршрут и соответствующую траекторию, для которых снижение уровня безопасности (уменьшение значения вероятности неперехвата БПЛА) с требуемого значения будет минимальным из всех, полученных в результате моделирования перехватов БПЛА зенитными ракетами на различных рубежах. Оценить это можно по значениям вынужденного промаха и соответствующей вероятности поражения по окончании моделирования всех конфликтных ситуаций на всех рубежах перехвата.

Закон поражения цели обычно определяется опытно-теоретическим методом. Проводятся эксперименты на полигоне, где возле испытуемых объектов производятся подрывы осколочно-фугасных зарядов, которыми оснащаются ПР того или иного типа.

Окончательный ответ о рекомендуемой форме маршрута и типе оптимального противоперехватного манёвра будет дан после контроля реализуемости полётного задания методом расчета всей траектории БПЛА.

Основные задачи проектирования соплового блока с газовыми рулями беспилотного летательного аппарата

Бессарабов А.М.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Парафесь С.Г.
МАИ, каф. 602
am.bessarabov@mail.ru

При управлении современными высокоманевренными беспилотными летательными аппаратами (БЛА) возникает потребность создания управляющих сил с использованием газодинамических органов управления, так как на определенных участках траектории БЛА и его режимах работы аэродинамические органы управления оказываются недостаточно эффективными. Это в полной мере относится и к участку склонения вертикально стартующего БЛА. Процесс склонения современных БЛА

характеризуется сравнительно малым временем, составляющим несколько секунд, поэтому для реализации этого процесса требуется создание относительно больших управляющих моментов за короткий промежуток времени.

Эффективным способом создания управляющих сил и моментов является отклонение вектора тяги реактивного двигателя газовыми рулями. Это объясняется относительной простотой конструкции блока газовых рулей, возможностью дифференциального управления по всем трем каналам: тангаж, рысканье и крен, а также малыми потерями тяги в сравнении с иными газодинамическими органами управления.

Помимо участка склонения БЛА, применение газовых рулей возможно:

– на участке разгона БЛА, когда обычные аэродинамические рули мало неэффективны вследствие относительно низких скоростных напоров;

– в верхних слоях атмосферы, так как из-за низкой плотности воздуха применение аэродинамических органов управления на таких режимах полёта БЛА эффективно;

– при выборе промаха, например, на участке перехода от полета по программной траектории к самонаведению при комбинированной системе управления.

Основными задачами проектирования блока с газовыми рулями являются:

– выбор формы и геометрических параметров газового руля, обеспечивающих создание требуемых управляющих сил при возможно минимальной величине потерь тяги за время работы реактивного двигателя;

– определение рационального места расположения газовых рулей, исходя из оценки их влияния на конструкцию соплового блока;

– выбор конструкционного материала, обладающего необходимой прочностью, стойкостью к эрозионному разрушению и обеспечивающего стабильность управляющей силы во времени.

При решении указанных задач проектирования используют различные методы, как теоретические, так и экспериментальные. Теоретические (расчетные) методы применяют на начальных этапах проектирования при анализе альтернативных вариантов, выборе наиболее предпочтительных. Экспериментальные методы используют на заключительных этапах проектирования соплового блока с газовыми рулями. Эти методы имеют большое значение в виду сложного математического описания процессов воздействия высокотемпературной струи газов реактивного двигателя на конструкцию газовых рулей. Поэтому только на основе результатов экспериментальных исследований можно сформулировать окончательные выводы об эффективности и надежности спроектированного объекта. Вместе с тем, целесообразным является широкое применение методов математического моделирования функционирования газовых рулей. Использование математического моделирования дает возможность проведения исследования практически неограниченного числа моделируемых вариантов функционирования без существенного увеличения общих временных и стоимостных затрат на проектирование соплового блока с газовыми рулями.

Перспективы использования многоразовых ракет-носителей с трехкомпонентными ЖРДУ для выведения малых спутников

Борзоногов А.А., Пискарева Н.Б.
Научный руководитель – к.т.н. Пискарева Н.Б.
МАИ, каф. 601
aborzonogov@list.ru

Создание ракет-носителей (РН) легкого и сверхлегкого класса является актуальной задачей для современной космической науки и промышленности. Спрос на выведение в околоземное пространство малых космических аппаратов (МКА) растет. Традиционные схемы, применяемые для решения транспортной задачи по доставке МКА на опорные орбиты, возможно, не являются наиболее эффективными с точки зрения массовых и стоимостных характеристик. В ракетах-носителях классических схем применяются силовые установки на базе двухкомпонентных жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). Вместе с тем, существуют разработки по созданию трехкомпонентных ЖРД. Актуальной

стала и задача по созданию многоразовых либо частично многоразовых транспортных космических систем (МТКС). Целью работы является решение задачи сравнительного анализа по критериям массовой и стоимостной эффективности для РН легкого класса классических схем и перспективных носителей с применением трехкомпонентных ЖРД и средств возвращения и посадки (СВП), а также определение оптимальных характеристик СВП.

В работе приведен обзор актуальных схем перспективных средств выведения МКА с учетом способов старта и посадки, состава двигательной установки, кратности использования и состава СВП. Показаны взаимная связь и влияние этих параметров друг на друга. Более подробно рассмотрена схема МТКС с трехкомпонентной ЖРДУ, определены параметры и оптимальный состав СВП: крылья, оперение, шасси, оптимальная силовая установка на базе существующих воздушно-реактивных двигателей, работающих на участке возвращения и посадки. По результатам данных расчетов представлены графики и диаграммы, показывающие преимущества и недостатки классических РН и предлагаемой схемы перспективной МТКС при решении поставленной транспортной задачи.

Расчёт тепло-массообмена при обтекании головной части космического летательного аппарата гиперзвуковым потоком

Брацун А.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Никитин П.В.
МАИ, каф. 204
deil.burn@yandex.ru

В докладе рассматриваются теоретические аспекты расчёта процессов тепло- и массообмена на непроницаемой поверхности, определение которой сформулировано в курсе дисциплины «Тепловая защита летательных аппаратов», читаемой на кафедре «Авиационно-космической теплотехники».

Термин «Гиперзвуковое течение» определяется физико-химическими процессами, протекающими вблизи поверхности тела, обтекаемого сверхзвуковым потоком. Поскольку гиперзвуковое течение является сверхзвуковым, то, в соответствии с законами газовой динамики, при обтекании притуплённого тела вблизи его поверхности образуются аномальные зоны течения: отошедшая ударная волна, сжатый и пограничный слои. При этом в отличие от сверхзвуковых, гиперзвуковые течения обладают присущей только им особенностью. Она выражается в том, что в процессе адиабатического торможения высокоскоростного набегающего потока, вблизи аппарата выделяется столь значительная тепловая энергия, что температура газа достигает уровня температуры начала диссоциации молекул. В результате газ становится многокомпонентным (молекулы и атомы) и химически активным. Это способствует более интенсивному протеканию процессов тепло-массообмена между набегающим потоком и поверхностью тела.

Таким образом, значение числа Маха, которое можно принять за критерий начала гиперзвукового режима течения, определяется уровнем температуры процесса диссоциации молекул газа, создающего это течение. Например, для воздуха процесс диссоциации молекул кислорода на атомы начинается при температуре ~2500К. Такая температура возникает в сжатом и пограничном слое при адиабатическом торможении набегающего потока, обладающего скоростью, соответствующей числу $M \approx 6$.

В докладе рассматривается полёт в атмосфере Земли космического летательного аппарата конической формы с притупленной сферой носовой частью. Решается задача конвективного теплообмена на поверхности аппарата при ламинарном и турбулентном химически активных пограничных слоях. С целью упрощения задачи принято, что температура поверхности аппарата одинакова во всех расчётных зонах.

В такой постановке задачи алгоритм расчёта конвективного теплообмена на поверхности космического аппарата сводится к следующим трём этапам. Проводится расчёт тепло-массообмена в следующих зонах:

– в передней критической точке;

– в области передней критической точки;
– вне области передней критической точки (на боковой поверхности аппарата).

Составлен алгоритм и проведён расчёт термо-газодинамики и тепло-массообмена в указанных выше зонах головной части гиперзвукового летательного аппарата.

По итогам расчёта приведён анализ тепло-массообмена для случая ламинарного и турбулентного режима течения в химически-активном пограничном слое.

Результаты расчёта представлены соответствующим графиком.

Исследование методик расчета дозатора топлива с целью их применения при разработке новых изделий

Валынга С.О.
Научный руководитель – к.т.н. доцент Торпачев А.В.
МАИ, каф. СК
stk1996@mail.ru

В связи с развитием аэрокосмической техники возникает необходимость анализа методик расчетов дозирующего крана и сопротивления на гидравлических изделиях с целью выбора конструкций узлов и проектирования новых агрегатов для аэрокосмической техники.

Для выбора конструкции узлов и проектирования новых изделий необходимо рассмотреть и провести расчет уже имеющихся конструкций узлов и расчет гидравлического сопротивления на прототипе изделия.

С этой целю произведено исследование и расчет имеющихся конструкций узлов, а также расчет перепада давлений на прототипе агрегата, предназначенного для аэрокосмической техники. Определена подходящая конструкция дозирующего крана и рассчитано гидравлическое сопротивление на прототипе агрегата. В результате проведенных работ выявлен недостаток конструкции дозирующего крана.

Конструкция регулятора расхода с дозирующей иглой имеет ряд недостатков, таких как конструктивная и технологическая особенность изготовления дозирующей иглы, производственная база для изготовления узла. В данном случае наиболее критическим является проходное сечение кольца.

Для дозирования основного топлива предлагается вариант регулятора расхода с дозирующими окнами.

На основании проведенных расчетов и исходных характеристик регулятора расхода, предлагается конструкция дозирующего крана с проходным сечением в виде открывающихся окон за счет движения золотника. В данном случае наиболее критическим является проходное сечение дозирующих окон. Данное исполнение конструктивно и технологически выигрывает у регулятора расхода с дозирующей иглой. Для данных гидравлических характеристик и исходя из конструктивных и технологических особенностей узлов и возможности производственной базы наиболее подходящим решением является вариант с дозирующими окнами.

На основании расчета гидравлических сопротивлений на прототипе изделия, возможна более подробная проработка узлов и каналов для получения точной характеристики расхода.

В своей работе я занимался исследованием методики расчета регулятора расхода топлива для изделий аэрокосмической техники. Также я провожу выбор конструкции регулятора расхода топлива по проведенному расчету.

В дальнейшем приведенные в работе методики, могут быть применены для создания различных изделий топливорегулирующей аппаратуры с более точной характеристикой расхода, используемой в аэрокосмической технике.

Выбор оптимального расположения газовых рулей

Виндекер А.В.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Парафесь С.Г.
МАИ, каф. 602
Jaguarrus90@mail.ru

Газовый руль (ГР) - это консоль несущей поверхности, устанавливается обычно за выходным сечением сопла (на срезе) двигательной установки (ДУ) и равномерно располагаются по периметру. Такая консоль имеет небольшое удлинение и симметричный профиль.

Чтобы изменять скорость полета беспилотного летательного аппарата (БЛА) можно регулировать скорость вытекания газов. Если же в струе выходящих газов установить ГР из теплостойкого материала, то отраженная этими рулями газовая струя приведет к изменению направления полета ракеты.

При вертикальном старте управление осуществляется ГР, т.к. до достижения скорости 50 м/с аэродинамические рули малоэффективны. С достижением необходимой скорости ЛА начинают действовать аэродинамические рули, и надобность в ГР отпадает, их рекомендуется удалить из струи, чтобы избежать воздействия на тягу двигателя в дальнейшем полете. Такой эффект получается при установке ГР на специальной ферме, закрепляемой на срезе сопла и сбрасываемой через несколько секунд после старта. Также ГР могут просто сгореть и, тем самым уменьшится вредное влияние на тягу двигателя.

В ДУ с односопловым блоком, как правило, применяется четырехлопастная схема расположения ГР, дающая возможность управлять по тангажу, рысканию и крену (дифференциальное отклонение рулей). Также возможна трехлопастная схема. При рассмотрении видно, что в такой схеме эффективность рулей растет, т.к. каждый руль участвует в управлении по всем трем каналам. Одновременно требуется меньшее число рулевых машинок и усилителей, проще стыковка БЛА с двигателем. Все это заметно снижает массу системы управления. Однако следует учитывать, что надежность работы такой системы из-за некоторого ее усложнения ниже, чем при четырехлопастной схеме.

Из-за условий ограниченного пространства возникают трудности в работе газодинамических органов, потому что, их надо располагать в строго определенном месте на БЛА.

Немаловажно то, что крепление ГР у выходной части сопла БЛА повышает прочностные характеристики БЛА, увеличивая жесткость кормовой части и раструба сопла.

Исходя из исследований, совсем не обязательно размещать ГР непосредственно за выходным сечением. Их можно разместить также и внутри сопла, что позволит при заданном управляющем усилии уменьшить площадь руля, т.к. скоростной напор газа, определяющий величину этого усилия, оказывается больше.

Также необходимо учесть возможность применение на БЛА ГР вместе с аэродинамическими рулями (поворотным оперением). При использовании органов управления такой комбинации на летательном аппарате, газовые рули обеспечивают требуемую траекторию на начальном участке полета, где аэродинамическое управление не эффективно. Физически они располагаются на одной оси и приводятся в движение той же рулевой машинкой. Самое важное преимущество комбинации аэродинамических и ГР связано с возможностью использования одного и того же рулевого привода, что позволяет уменьшить массу конструкции системы управления.

Следует иметь в виду, что если руль расположен на достаточном удалении от среза сопла, то могут возникать отрицательные эффекты, уменьшающие суммарное управляющее усилие за счет интерференции руля с внутренними стенками.

Разработка конструкции карданного подвеса ракетного двигателя для управления вектором тяги ступени сверхлегкой ракеты

Волошенко К.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Воробьёв А.Г.
МАИ, каф. 202
kvoloshenko97@mail.ru

В последнее время сверхлёгкие ракеты набирают всё большую популярность, прежде всего это обусловлено снижением массы и габаритов различных спутниковых систем, которые за несколько десятилетий полегчали от нескольких тонн до 100-10 кг. В данных условиях использование ракет-носителей (РН) сверхлёгкого класса позволяет существенно снизить стоимость выведения полезной нагрузки на орбиту, по сравнению с совместными запусками малых спутников и больших космических аппаратов, а также кластерными запусками малых спутниковых платформ.

Одной из важнейших задач при создании таких РН является разработка маршевого двигателя и двигателей системы ориентации. В качестве таких двигателей могут быть использованы жидкостные ракетные двигатели небольшой тяги без регенеративного охлаждения камеры, работающие на вытеснительной или электронасосной системах подачи экологически чистых компонентах топлива.

В данной работе рассматриваются возможные схемы системы стабилизации и ориентации сверхлёгкой РН с учётом массогабаритных и энергетических параметров. Существует несколько вариантов реализации системы стабилизации, для создания управляющих сил и моментов:

- использование газовых рулей;
- регулировка тяги нескольких неподвижных двигателей;
- использование дополнительных вспомогательных неподвижных двигателей;
- поворот двигателя различными способами.

Каждый из данных вариантов имеет свои преимущества и недостатки. Так, схема с газовыми рулями является относительно простой, однако утяжеляет конструкцию, так как требует установки дополнительного бака с рабочим телом, также газовые рули создают значительное аэродинамическое сопротивление при высоких скоростях. Система регулировки тяги неподвижных двигателей не требует установки дополнительных конструкций, но требует точного управления давлением в камере сгорания в процессе полета. Для нескольких вспомогательных неподвижных двигателей возникает необходимость в установке дополнительной системы подачи рабочего тела, всё это приводит к увеличению габаритов двигательного отсека, что является недопустимым для сверхлёгкой РН.

Наиболее оптимальным вариантом для сверхлёгкой РН является поворотный маршевый двигатель на карданном подвесе, так как конструкция самого подвеса относительно проста и не требует большого пространства для установки. Поворот двигателя осуществляется актуаторами с сервоприводами в двух плоскостях, что позволяет изменять вектор тяги в любом направлении на достаточно большой угол. Актуаторы подключены к бортовым аккумуляторам, которые питают электромагнитные клапаны двигателя и другие системы. Проблемой данной схемы является надёжность актуаторов при работе вблизи горячей камеры и в условиях космоса, однако установка теплозащитных экранов и герметичных оболочек позволяет устранить эти недостатки.

В работе приведены возможные конструкции карданного подвеса двигателя, их массово-габаритные характеристики, рассмотрены достоинства и недостатки каждого варианта.

Разработка методики формирования полетного задания для управляемого средства поражения

Гаранин С.А.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Байрамов К.Р.
ВА РВСН им. Петра Великого, каф. 26
GSimonX37@mail.ru

В перспективе в РВСН могут появиться баллистические ракеты, оснащённые гиперзвуковыми планирующими блоками (ГПБ), траектории которых существенно отличны от траекторий обычных ББ, а задачи существенно сложнее – доставить «полезный груз» по назначению при любой оперативной обстановке по противоракетной обороне (ПРО) на театре военных действий (ТВД).

Важнейшим тактическим требованием к выбору маршрута и соответствующей опорной траектории ГПБ следует считать обеспечение безопасности полёта ГПБ, а в качестве количественного показателя безопасности ГПБ принять значение вероятности непоражения ГПБ зенитными управляемыми ракетами (ЗУР) противника.

Необходимые данные о маршруте следования ГПБ к цели – это координаты некоторой последовательности опорных точек требуемой (опорной) траектории, которые должны восприниматься бортовой системой управления движением ГПБ как последовательность промежуточных точек наведения.

Для формирования маршрутов ГПБ с учётом большой их протяжённости, а также для формирования их манёвров с учётом расположения зон контроля РЛС воздушного пространства и с учётом зон поражения воздушных целей зенитными ракетами противника и с учётом информационных свойств местности для навигационных целей нужна система глобальной визуализации обстановки по ПРО на всём театре военных действий.

Контроль реализуемости ПЗ ГПБ через заданные опорные точки осуществляется методом моделирования движения ГПБ по заданному маршруту. Модель движения ГПБ задаётся системой дифференциальных уравнений, а наведение на каждую опорную точку осуществляется по методу «требуемых ускорений», который включает в себя решение краевой баллистической задачи в каждом цикле наведения с определением требуемых программ изменения управляющих кажущихся ускорений в поперечном направлении и соответствующих им параметров управления движением ГПБ– угла аэродинамического крена φ и угла атаки α. Отработка аэродинамическими рулями этих программ .обеспечивает перевод ГПБ из текущего фазового состояния в заданное конечное.

В рамках данной работы разработаны алгоритмы и компьютерные программы расчёта и визуализации на картах глобальной ГИС границ зон контроля РЛС воздушного пространства, зон поражения ЗУР различных типов, границ располагаемых областей формирования маршевых и конечных участков опорных траекторий ГПБ. Разработана программа моделирования полета ГПБ, а также программа, позволяющая оперативно извлекать координаты опорных точек из ГИС типа Google-Планета Земля для дальнейшего ввода их в ЦУ.

Методика коррекции положения заданной совокупности опорных точек траектории беспилотного летательного аппарата на этапе контроля реализуемости

Горченко Л.Д., Таныгин А.В.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Байрамов К.Р.
ВА РВСН им. Петра Великого, каф. 26
clubberhit@mail.ru

Маршруты беспилотного летательного аппарата (БЛА) планирующего типа в обход зон обнаружения и перехвата целесообразно задавать совокупностями опорных точек и прокладывать на электронном отображении поверхности шарообразной модели Земли в географической информационной системе глобального территориального уровня с предварительным нанесением оперативной остановки по запрещенным для пролета зонам.

Выходными данными о траектории полета БЛА к цели в этом случае будут координаты некоторой последовательности опорных точек требуемой траектории, которые должны восприниматься бортовой системой управления как последовательность промежуточных точек наведения. Однако при контроле реализуемости запланированного маршрута, заданного совокупностью опорных точек, не всегда могут выполняться ограничения на параметры управления (по углу атаки, углу аэродинамического крена). Потребуется коррекция маршрута, то есть изменение положения отдельных точек для изменения кривизны опорной траектории на отдельных участках маршрута. При этом коррекцию требуется осуществлять алгоритмическим способом.

Перед проведением контроля реализуемости выбранного маршрута заблаговременно при помощи моделирования полета методом «электронных пусков», т.е. расчетом траекторий на ЭВМ, определяются зависимости текущей скорости от величины текущей дальности полета, величины скорости и высоты на момент отделения от ракеты-носителя и соответствующие им заданные таблично допустимые значения угла между направлениями на две соседние, отстоящие друг от друга на некоторое стандартное расстояние опорные точки траектории, при которых достигается прохождение очередной опорной точки с требуемой точностью. При этом для обеспечения требуемой кривизны траектории моделирование необходимо проводить при постоянныхзначенияхугла аэродинамического крена из некоторого диапазона близких к предельным значениям. Полученные зависимости можно представить в виде трехмерной таблицы. При этом значение угла между направлениями на две любые выбранные соседние опорные точки можно вычислить с использованием линейной интерполяции по табличным значениям.

В каждой выбранной опорной точке необходимо проверить выполнение условия соответствия угла между направлениями на две соседние опорные точки траектории таблично заданному допустимому значению, соответствующему текущему значению дальности и скорости движения БЛА. Если условие не выполняется, требуется коррекция положения опорной точки итеративным уменьшением угла на малые значения.

Алгоритм определения координат удовлетворяющей указанному условию точки представляет собой итерационный процесс и включает вычисление текущего значения угла между направлениями на две соседние опорные точки траектории, проверку выполнения указанного условия, при невыполнении - уменьшение угла на определенную величину со смещением точки, вычисление нового значения угла, очередную проверку выполнения условия и в случае его выполнения вычисление координат новой точки.

Значение угла между направлениями на две соседние опорные точки траектории и длины дуг на поверхности Земли определяются в сферическом треугольнике по теоремам синусов и косинусов сторон. Сторона, содержащая новую опорную точку, вычисляется из прямоугольного сферического треугольника по правилу Непера. При выполнении требуемого условия вычисляются геодезические координаты полученной точки.

Представленная методика позволяет осуществлять контроль и при необходимости коррекцию координат выбранных опорных точек траектории БЛА с учетом допусков на управляющие параметры.

Методика определения рационального числа лётных испытаний для отработки точностных характеристик ракет

Горшков А.А.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Байрамов К.Р.
ВА РВСН им. Петра Великого, каф. 26
gorsh.san88@mail.ru

При заданном объёме партии производимых ракет могут возникать две ситуации: при малом объёме лётных испытаний (ЛИ) – малой надёжности и точности отработки лётно-технических характеристик, для выполнения боевой задачи потребуется израсходовать больше средств для поражения заданной группы целей, а при высокой надежности (большом числе ЛИ) остаётся меньше средств для выполнения боевых задач.

При подтверждении систематического смещения промаха стрельбы с малой доверительной вероятностью потребуется высокий уровень наземной отработки изделий и высокая точность экспериментальной оценки составляющих промаха стрельбы, иначе в малый доверительный интервал, соответствующий малой доверительной вероятности не попадет нулевое значение характеристики точности стрельбы, а при испытаниях большого числа изделий, что также приводит к сужению доверительных границ для оценок математического ожидания промаха стрельбы увеличиваются затраты (временные и стоимостные) на лётные испытания, а кроме того при ограниченной партии производимых изделий уменьшается их число для решения функциональных задач. При одной и той же доверительной вероятности отработки при малом объёме ЛИ изделий потребуется существенный перерасход наряда средств для поражения заданной группы целей, а при большом, наоборот, останется меньше средств на поражение группы целей.

Следовательно, имеет место основание для поиска рационального значения доверительной вероятности и соответствующей ей величины доверительного интервала для оцениваемых лётно-технических характеристик, при которой значение математического ожидания числа пораженных целей было бы максимальным или математическое ожидание наряда средств было бы минимальным.

С учётом выше сказанного возникает задача, состоящая в определении рационального числа ЛИ, для отработки точностных характеристик изделия, при заданном объёме партии производимых ракет. Известно, что величина квантили для распределения Стьюдента, которое используется для оценки математического ожидания промаха при малых выборках, зависит от доверительной вероятности и объёма выборки. Следует отметить, что при меньшей доверительной вероятности при попадании нуля в соответствующей интервал, свидетельствует о хорошем качестве отработки этой характеристики, эффективность отработки изделия будет равносильна отработке при большей доверительной вероятности и большем объёме испытаний, при этом вероятности поражения точечной цели будут примерно равны.

Нахождение уровней доверительной вероятности можно осуществить с использованием аппарата теории статистических решений. Определив диапазон оптимальных значений доверительной вероятности оценок точности стрельбы, зная значения объёма партии производимых ракет, характеристики рассеивания, требуемой вероятности поражения точечных объектов, радиуса поражения цели, по соответствующим зависимостям находится оптимальное в некотором смысле соотношение объёмов испытательных пусков и числа изделий, используемых для выполнения функциональных задач. Алгоритм определения максимального значения математического ожидания числа пораженных целей включает в себя определение: значения вероятности поражения точечного объекта одним снарядом, необходимого наряда средств для поражения точечного объекта и количество поражаемых точечных объектов оставшимися после испытания изделиями.

Представленная методика позволяет определить рациональное число ЛИ, необходимых для эффективного применения оставшихся после ЛИ изделий.

Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов

Григоровский В.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Никитин П.В.
МАИ, каф. 204
grislavapro@gmail.com

Одной из важнейших задач освоения открытого космоса при длительном полёте является обеспечение необходимых условий жизнедеятельности экипажа и работы разных функциональных систем на борту космического аппарата (КА). Эта проблема требует привлечения множества специалистов из разных отраслей науки: математики, физики, химии, биологии, медицины, и др. Решение данной проблемы реализуется с помощью создания различных систем обеспечения жизнедеятельности (СОЖ). Наиболее сложной является система обеспечения теплового режима (СОТР).

Данная система сочетает в себе комплекс научных и инженерно-технических решений, реализующих эффективное взаимодействие различных подсистем и элементов оборудования. Система предназначена для создания необходимых условий для обеспечения высокой работоспособности экипажа и оборудования как в течение длительного полёта КА в космическом пространстве, так и в процессе его спуска в атмосфере при завершении полёта. Расширение температурного диапазона может вызвать в ходе полёта ухудшение определяющих характеристик космического аппарата и привести к повышению риска отказа в работе его агрегатов и систем. Вероятность снижения надёжности СОТР повышается в условиях, когда внешнее и внутреннее тепловые воздействия изменяются во времени, что реализуется при длительных полётах космического аппарата в открытом космосе.

СОТР должна функционировать в постоянной взаимосвязи с окружающей средой в условиях воздействия как постоянных, так и экстремальных факторов, таких как прямое излучение солнца, отражённое или собственное излучение земли (в случае орбитального полёта) и др.

В настоящее время разработаны и апробированы несколько способов стабилизации температурного режима КА в условиях переменной как внутренней, так и изменяющейся во времени внешней тепловой нагрузки, например, величины падающего извне на поверхность аппарата излучения.

Например, одним из таких способов является изменение поглощательной и излучательной способности поверхности с помощью чисто механических способов путём применения различного типа подвижных жалюзи и экранов. На практике используются способы обеспечения теплового режима КА с применением переменной теплопроводности. Такой способ реализуется с помощью устройств с тепловыми переключателями, последовательно увеличивающими теплоёмкость.

В докладе на основании анализа опубликованных данных проведена классификация системы обеспечения теплового режима, проанализирован принцип их действия и назначение. Кроме того, рассмотрен ряд проблемных задач, которые необходимо решить с целью поиска методов и средств повышения надёжности СОТР, т.е. уменьшение степени риска выхода из строя бортовых систем космического аппарата в процессе его полёта.

Анализ возможности применения нетрадиционных схем для увеличения продолжительности полёта мульти-роторов

Егошин Е.О., Калягин М.Ю., Меркулов В.Д.
Научный руководитель – ст. преподаватель Калягин М.Ю.
МАИ, каф. 602
egoshinee@mail.ru

В последнее время, появляется большой интерес к доставке грузов при помощи БЛА. По статистике 85% почтовых отправлений весит не более 2-3 кг. Крупные интернет магазины, предпринимают попытки создания аппаратов доставщиков грузов, на базе мульти-роторных систем, в связи с простотой технической реализации. Наиболее часто применяемые источники энергии для мульти-роторных систем небольшой массы является: аккумуляторная батарея, ДВС. Основным сдерживающим фактором в работах по созданию таких БЛА является: низкая продолжительность полёта, связанная с отсутствием источников энергии с высокими удельными характеристиками, способными обеспечить длительный полёт, который невозможно обеспечить привычными источниками энергии.

Авторами выполнена статистическая обработка многообразия типов существующих в настоящее время нетрадиционных аэродинамических схем для БЛА. Приводится оценка возможности применения нетрадиционных аэродинамических схем, построенных на базе мульти-роторов, для увеличения продолжительности полёта. Оценка степени увеличения времени полёта проведена аналитическим и экспериментальным

методом. Расчёты выполнены с применением методики разработанной на каф. 602 МАИ, в том числе разработано прикладное программное обеспечение. Для аналитического метода расчёта были разработаны 3D модели: 1) мульти-ротор без применения крыла, 2) с применением крыла. Учтено: стартовая масса, подъемная сила крыла (для мульти-ротора с крылом), аэродинамическое сопротивление, сила тяги винта. Экспериментальная оценка выполнена с применением БЛА, созданного в СКБ 602. Авторами были получены аналитические и графические зависимости потребления тока от тяги винта, времени продолжительности полёта в зависимости от схемы мульти-ротора (с крылом/без крыла). На основе этих полученных данных, была проведена верификация аналитических и экспериментальных данных.

Аналитическая модель даёт увеличение продолжительности полёта в диапазоне от 20-25%. Сопоставление теоретических и экспериментальных результатов даёт совпадение 5%. Таким образом, нетрадиционная схема не оказывает существенного влияния на продолжительность полёта.

Определение задачи проектирования реактивных пенетраторов для движения в грунте

Заговорчев В.А., Кыласов М.Я., Садретдинова Э.Р.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Родченко В.В.
МАИ, каф. 610.
mkylasov@inbox.ru

Реактивный пенетратор – это перспективное техническое средство для исследования поверхности космических тел с помощью бурения. Используя данные аппараты, можно получать глубинные образцы грунта космических тел без сложного бурения. Реактивный пенетратор может двигаться в грунте под любым углом и прост в эксплуатации.

Реактивные аппараты для движения в грунте создаются для выполнения следующих задач: образование скважин определенной глубины в грунте и доставка полезного груза в грунт на некоторое расстояние, с возвращением или без возвращения груза на поверхность. Расстояние, на которое может погрузиться пенетратор, зависит в первую очередь от свойств того грунта, в который осуществляется проникание, а так же от особенностей и параметров самого аппарата и от условий его старта.

Реактивный пенетратор не будет осуществлять движение в грунте, если при старте без начальной скорости входа тяга его двигательной установки будет меньше сопротивления грунта. Если же аппарат сначала разгонится в воздухе до некоторой скорости, то его движение в грунте будет осуществляться благодаря накопленной за предыдущий участок движения кинетической энергии.

Большое влияние на глубину проникания реактивного пенетратора в грунт оказывает тяга. Аппарат может быть спроектирован с различной тягой при заданном запасе топлива. Чем меньшим будет значение этой тяги, тем дольше проработает двигательная установка.

Масса пенетратора также оказывает значительное влияние на глубину входа в грунт. Ее увеличение приводит к повышению до некоторого предела уровня кинетической энергии. Предел объясняется тем, что чем большей массы аппарат, тем ниже его скорость к моменту окончания работы двигательной установки на воздушном участке движения. Следовательно, нужно найти такое значение массы реактивного пенетратора, при котором глубина его проникания в грунт была бы максимальной.

Момент включения двигательной установки проникающего аппарата во время его внедрения в грунт также может оказывать влияние на пройденное в грунте расстояние.

Главной целью проектирования реактивных пенетраторов для движения в грунте является поиск необходимых свойств и параметров аппаратов, которые позволяли бы доставлять научную аппаратуру или иной полезный груз на заданную глубину в грунт, а также поиск необходимых условий запуска этих аппаратов.

Подготовка системы заправки жидким водородом перспективной ракеты-носителя

Ивакин С.А.
Научный руководитель – к. н. т. Шаповалов Р.В.
Филиал ФГУП ЦЭНКИ – НИИ СК
МАИ, каф. СК
stk1996@mail.ru

Идею использования водорода в качестве горючего в жидкостном ракетном двигателе впервые выдвинул еще в 1903 году К. Э. Циолковский. Водород как горючее позволил человеку достичь поверхности Луны.

Водород является эффективным горючим и применяется в современных ракетно-космических комплексах в паре с жидким кислородом. По калорийности он примерно в 3,3 раза превосходит нефть, в 4 раза – уголь, в 2,5 раза природный газ. Водород повсеместно признан горючим будущего для большинства отраслей техники и быта. Его запасы в воде морей и океанов практически неисчерпаемы, хотя для его получения из воды требуется большое количество энергии.

Водород является одним из самых перспективных горючих. В паре с кислородом он дает высокий удельный импульс, а единственным продуктом реакции является вода. Кроме этого, запасы водорода во вселенной практически неисчерпаемы.

Задачи перевода водорода в конденсированное (жидкое) состояние, его транспортировки и хранения в промышленном масштабе были решены только в середине XX столетия. Разработка ракет-носителей с применением жидкого водорода в качестве горючего на верхних ступенях («Сатурн-1», «Сатурн-5») были осуществлены в США в 1960-х годах.

Однако практическое применение жидкого водорода предъявляет определенные требования как к конструкции оборудования, так и к технологии работы этого оборудования. В связи с тем что водород образует с воздухом и кислородом взрывоопасные смеси в широком диапазоне концентраций, а также для сохранения качества жидкого водорода, требуется проводить ряд определенных мероприятий при подготовке оборудования к заполнению водородом.

Перед заполнением оборудования системы заправки и бака ракеты-носителя жидким водородом требуется провести специальную подготовку оборудования в связи со спецификой жидкого водорода, а также в связи с необходимостью сохранения качества жидкого водорода.

Существует несколько методов подготовки:

– полосканием (проведение определенного количества циклов наддува и последующего сброса давления);
– продувкой;
– вакуумированием;
– комбинацией метода вакуумирования с методом полоскания или продувки или продувки с полосканием.

Математическая модель критичности функционирования в устройстве отделения головной части от ракеты

Караваева О.П., Цапок А.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н Уразбахтин Ф.А.
ИжГТУ им. М.Т.Калашникова
kop567894@mail.ru

В работе рассматривается расчёт на прочность основного элемента устройства отделения головной части ракеты - пирозамка. В межконтинентальных баллистических ракетах на конечной стадии полёта отделяются головные части, хвостовые отсеки, космические аппараты, межорбитальные блоки. К таким системам отделения и разделения ракетно-космических комплексов предъявляются высокие требования по надёжности срабатывания, обеспечению безударности процесса отделения и другие. Вследствие этого,

построение математической модели критичности функционирования пирозамка имеет чрезвычайно важное значение.

При исследовании влияния различных факторов на напряжённо-деформированное состояние элементов пирозамка (мембрана, поршень, корпус пиротолкателя, толкатель и т.д) были установлено следующее:

1. При расчётах на прочность, жёсткость и устойчивость элементов пирозамка влияние на напряжённо-деформированное состояние элементов конструкции пирозамка оказывает внешнее воздействие (давление, сила), механические характеристики материала, а также колебания температуры.

В данных устройствах разделения затруднены проверочные срабатывания без замены или разборки деталей.

Важное значение имеет и инерционность процессов срабатывания элементов конструкции пирозамка, особенно при учёте работы одновременно нескольких пирозамков. В этом случае необходимо обеспечить синхронность срабатывания, то есть уменьшить разновременность срабатывания пирозамков, что является технически достаточно сложной задачей.

Для увеличения надёжности срабатывания нецелесообразно применять соединения, работа которых зависит от колебаний температуры (соединения внатяг).

При исследовании элементов пирозамка на прочность каждый элемент рассчитывался на определённые нагрузки, учесть абсолютно все факторы невозможно, поэтому в расчётах принимали коэффициент запаса прочности не менее 1,3.

Важное значение имеет обеспечение герметичности (утечка газа, нежёсткость конструкции), что может быть обеспечено применением наиболее простых конструктивно, но надёжных соединений.

Для исследования устройства отделения необходимо учитывать возможные продольные и поперечные колебания устройств и агрегатов или самого летательного аппарата.

Важное значение имеет обеспечение минимальной массы пирозамка, что также связано с уменьшением числа деталей.

При разработке программного обеспечения расчёта устройства отделения исходными данными для расчёта должны быть: осевая сила, характеристики шпангоута, требуемая надёжность срабатывания и др.

Для улучшения эксплуатационных и технологических показателей конструкции пирозамка в целом необходимо исследовать оптимизацию таких характеристик как уменьшение разброса (погрешности) вырабатываемой устройством отделения силы, уменьшение ударных нагрузок за счёт применения более качественных порохов и др.

В качестве метода обеспечения надёжности устройства отделения возможно использование дублирования по заряду, так как данный метод достаточно прост.

Таким образом, при создании математической модели критичности функционирования пирозамка были получены определённые закономерности и выводы.

Автоматизация конструкторско-технологических задач на примере изготовления детали ракетоносителя типа «Корпус»

Каткова Е.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Прудников В.А.
МАИ, каф. ТИАС
egerewna@mail.ru

Механическая обработка является формализованной частью и важнейшей составляющей производства большинства изделий ракетно-космической отрасли. Поэтому применение современного автоматизированного металлорежущего оборудования – первичная задача каждого промышленного производства.

Зачастую изменение технологического процесса изготовления изделия в связи с необходимостью переоснащения и автоматизацией производства происходит медленно или прекращается, не успевая достигнуть каких-либо существенных результатов. В таких

случаях обработка изделия продолжается на станках «довоенной эпохи», без применения средств автоматизации и механизации.

В работе проанализированы результаты поэтапного усовершенствования технологического процесса изготовления изделия в связи с переходом от универсального оборудования к многоцелевым обрабатывающим центрам с ЧПУ. Для этого был проведен инженерный анализ конструкторской и технологической документации конкретного изделия типа «Корпус» изготавливаемого на станках модели: 16К20Т1 - токарный универсальный, EEN400 – токарный станок с ЧПУ.

На начальной стадии исследования, с помощью одного из современных представителей САПР – Unigraphics NX, создана 3D модель разрабатываемого изделия, а также 3D модель сборочного узла.

Исследование спецификации сборки «Клапана пиропатрона», в состав которого входит данное изделие, принципа работы сборки и конкретной детали в ней, а также сопоставление технологических процессов изготовления изделия, позволило произвести подробный анализ изделия и подобрать необходимое оборудование для его изготовления.

В результате, исходя также из производственных мощностей конкретного производственного объекта, был выбран токарный обрабатывающий центр с ЧПУ – TRAUB TNA400. С применением современных средств автоматизации, в ходе проработки изделия на технологичность мною формализован алгоритм рационального технологического маршрута изготовления изделия на предложенном оборудовании. В полном соответствии с технологическим процессов были созданы управляющие программы обработки в программе WinFlex, которые прошли успешную апробацию в процессе выполнения детали «в металле».

В качестве демонстрации возможности применения Unigraphics NX в производстве данного изделия, была создана 3D визуализация механической обработки с применением компьютеризированного комплекса. В работу вошли бланки результатов по проведенным испытаниям стойкости пластин современного режущего инструмента, в сравнении с испытаниями инструмента применяемого ранее. На основании статистических данных произведен анализ производительности работы инструмента и выбранного оборудования показавший снижение норм времени изготовления изделия.

Прочностная надежность элементов летательных аппаратов из керамических материалов

Кирюшина В.В. к.т.н., Рогов Д.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Туркин И.К.
МАИ, каф. 602
ГНЦ РФ АО ОНПП Технология
rogov.dmitry.76@yandex.ru

Одним из основных показателей качества антенных обтекателей, являющихся важнейшими элементами головной части управляемых ракет и большинства скоростных самолетов и в значительной степени определяющими их аэродинамические характеристики и точность наведения на цель, является прочностная надежность, т.е. вероятность неразрушения изделия в течение требуемого срока в заданных условиях эксплуатации.

При разработке антенного обтекателя и выборе материалов для его изготовления конструктор сталкивается с проблемой статистической изменчивости основных физико-механических и теплофизических свойств материалов радиопрозрачной оболочки, клеевого соединения и внутреннего металлического элемента (шпангоута), определяющих несущую способность и надежность готового изделия. Кроме этого геометрические параметры конструкции и условия нагружения также подвержены влиянию случайных факторов.

В работе предложен подход к учету перечисленных особенностей разработки антенного обтекателя в оценке прочностной надежности с целью проектирования робастной конструкции, удовлетворяющей требованиям технического задания по

вероятности безотказной работы на этапах хранения, транспортирования и боевого применения. Были рассмотрены следующие этапы оптимизационного проектирования:

1. Исследование статистической изменчивости свойств материалов конструкции, геометрических параметров, тепловых и аэродинамических нагрузок.

2. Постановка, выбор алгоритма и решение комплексной теплопрочностной задачи оптимизации конструкции антенного обтекателя на основе критерия надежности.

3. Анализ влияния величины и рассеяния исследуемых параметров на оценку прочностной надежности.

В качестве примера рассмотрена многослойная конструкция узла соединения керамической оболочки с металлическим шпангоутом. Соединение выполнено посредством промежуточного композиционного кольца, предназначенного для перераспределения усилий и снижения температур прогрева внутреннего объема. Сборка деталей осуществлена по соосной телескопической схеме.

Учитывая, что максимальные температурные напряжения в керамике, как правило, возникают на переходных режимах работы изделий или при максимальном прогреве конструкции при воздействии распора внутренним подкрепляющим шпангоутом, осуществлено совместное решение нестационарной задачи теплопроводности и квазистационарной задачи теории упругости методом конечных элементов в среде ANSYS.

Для оценки прочностной надежности использована модель хрупкого разрушения Вейбулла, хорошо зарекомендовавшая себя в практике прогнозирования разрушения хрупких керамических материалов.

В результате проведенного исследования показано, что на оценку прочностной надежности рассматриваемой конструкции в большей степени оказывают влияние вариации внешних условий нагружения, модуля упругости и коэффициента температурного линейного расширения как самой керамики, так и внутреннего композиционного кольца. При ~10% вариациях выбранных параметров оптимизации, прочностная надежность сохраняется на приемлемом уровне; большие вариации параметров требуют дополнительных исследований.

Расчетная оценка температурного поля вкладыша ракетного сопла из пористого вольфрама с медью в качестве наполнителя

Кобзев Е.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Бабин С.В.
МАИ, каф. ТПАД
xronos95@gmail.com

Вкладыш сопла является одним из наиболее теплонапряженных элементов конструкции ракетного двигателя. Поэтому решение проблемы тепловой защиты сопла при помощи вкладыша позволяет сделать двигатель более совершенным и надежным.

Решение проблемы тепловой защиты вкладыша может быть достигнуто как за счет создания новых материалов с уникальными свойствами, так и за счет разработки конструкции с применением транспирационной (пористой) системы охлаждения.

В качестве материалов для ракетных вкладышей применяют керамические материалы типа карбидов, нитридов, боридов и оксидов, а также графит и тугоплавкие металлы вольфрам, молибден, тантал, но в ряде случаев они не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к вкладышам ракетных двигателей, и требуют тепловой защиты.

Эффективным способом тепловой защиты является пористое охлаждение. Одним из его преимуществ является равномерная подача охладителя через поверхность. Наполняя путем пропитки пористый вольфрам ($T_{плW}$=3653К), медью, которая испаряется уже при $T_{плCu}$=2880К, можно добиться снижения температуры стенки.

Такой вкладыш работает как поглотитель тепла, до тех пор, пока температура его поверхности не достигает точки кипения меди. Тогда начинается ее испарение с образованием зоны пористого вольфрама, через который фильтруется парообразная медь.

Пар отбирает дополнительное количество тепла от пористого вольфрама, таким образом, еще понижает температуру поверхности стенки.

Конструктивно вкладыш предлагается изготавливать методом плазменного напыления с чередованием каналов меди и матрицы вольфрама. Такой способ изготовления позволит обеспечить надежное охлаждения за счет большого количества меди в каналах.

Исходные данные для расчета:

Температура горячих газов $T_Г$=3650 К,

Давление горячих газов $P_Г$=4 Мпа,

Коэффициент теплоотдачи $\alpha = 2.5\ 10^4$, Вт/(м^2·град)

Продолжительность нагрева стенки τ = 80 с,

Пористость П = 0,3

Диаметр критического сечения сопла $d_k=160\cdot10^{-3}$, м,

Толщина стенки вкладыша $\delta=70\cdot10^{-3}$, м.

Теплофизические данные вольфрама и меди имеются в справочной литературе.

В работе выполнена расчетная оценка температурного поля такого вкладыша в зависимости от температуры.

Расчеты показывают, что данный вкладыш удовлетворяет требованиям, предъявляемым к современным двигателям, после 28 с работы температура остается ниже допустимой, из чего следует, что конструкция остается в рабочем состоянии. что позволяет предположить. что данная конструкция будет работоспособна в заданных условиях эксплуатации.

Активные системы молниезащиты стартовых и технических комплексов – веление времени

Коссе А.А.
Научный руководитель – к.т.н. Шаповалов Р.В.
МАИ, каф. СК
stk1996@mail.ru

Ежедневно на Земле в среднем случается 41 тысяча ударов молнии. Грозовые разряды представляют опасность для ракетно-космической техники (РКТ), которая размещена на стартовом и техническом комплексе (СК, ТК). На порядки этот риск возрастает, если на них находятся заправленные компонентами ракетного топлива (КРТ) космические аппараты, разгонные блоки и ракеты-носители (РН). Дорогостоящее электрооборудование и электронная компонентная база подвержены воздействию электрических разрядов, теряют работоспособность, если они не защищены. Традиционными системами молниезащиты в отечественном ракетостроении являются молниеотводы и системы грозозащиты, которые относятся к пассивным.

Перспективные ракеты космического назначения, создаваемые на базе РН тяжелого и сверхтяжелого класса, имеют увеличенные габариты и большее количество КРТ, чем ракеты среднего и легкого классов. Необходимость защиты таких РН и продиктованная временем максимальная безопасность требуют обеспечения с максимальной эффективностью защиты от электрического разряда при ударе молнии РН и их составных частей, находящихся на СК и ТК, а также технологического оборудования и технических систем. Т.е. необходимо дать научно-техническое обоснование, оценить эффективность и разработать требования по применению активных систем молниезащиты (АСМЗ) для СК и ТК.

Собранная научно-техническая информация, проведенный патентный поиск и её анализ свидетельствует, что в зарубежных системах защиты опасных производственных объектов, в частности, на СК и ТК, все чаще применяются активные системы защиты от воздействия электрического заряда при ударе молнии.

С этой целью был проведен анализ процессов воздействия на изделия РКТ при ударах молнии. Рассмотрены основные фазы компонентов молнии. Исследованы физика и механизм поражающего воздействия грозовых разрядов на оборудования СК и ТК,

выявлены наиболее уязвимые системы и агрегаты, подвергающиеся наибольшему электрическому воздействию. В результате проведенных работ выявлено основное существенное преимущество АСМЗ по сравнению с пассивными – радиус защиты их выше в восемь и более раз. Высота токоприемников может быть существенно уменьшена, материалоёмкость сокращена, соответственно стоимость уменьшена.

Недостатками пассивных систем являются:

– сложность и трудоемкость монтажа множества молниеотводов, сеток и молниеприемников, которые постоянно подвержены коррозии и труднодоступны;

– необходимость технического обслуживания и ремонта большого количества соединений, крепежных элементов;

– большое количество токоотводов подвергает почти весь объект воздействию дополнительного электромагнитного поля;

– достаточно большой объем работ по поддержанию систем в исправном состоянии, их обслуживанию и регулярному контролю сопротивления заземления, ведению документации.

Данная работа может быть применена для выбора, обоснования способов, технических решений и конструкций в виде технических заданий, необходимых для совершенствования отечественных систем молниезащиты на СК и ТК, применения новых технологий и улучшения технико-экономических показателей изделий РКТ.

Влияние времени устаревания первичной информации о подвижном объекте на вероятность его обнаружения беспилотным летательным аппаратом

Лепехин Г.Н., Семавина Н.А., Третьяков Н.К.
Научный руководитель – ст. преподаватель Калягин М.Ю.
МАИ, каф. 602
drtmldc@gmail.com

В работе поставлена задача – оценить влияние времени устаревания первичной информации о месте нахождения подвижного объекта на вероятность его обнаружения беспилотным летательным аппаратом(БПЛА). Информация о месте объекта до начала поиска и в процессе его выполнения носит, как правило, неопределенный характер. Этой неопределенностью и вызваны поисковые действия, суть которых состоит в получении информации о месте объекта. По характеру просмотра участков района поиска, различают поиск закономерный и случайный. По периодичности просмотра наблюдателем среды поиска, поиск объектов может быть непрерывным или дискретным. В зависимости от возможности достижения конечного результата поиска – обнаружения объекта поиск бывает достоверным и недостоверным. С увеличением времени устаревания информации, зона в которой может находиться объект - расширяется, приводя к снижению вероятности его обнаружения и к увеличению наряда средств, необходимых для обеспечения заданной вероятности обнаружения.

Исследования проводятся для трех типовых случаев: известны скорость и направление движения объекта; известна только скорость; о параметрах движения объекта не известно ничего. В модели учитываются следующие параметры: высота и скорость полета БПЛА, разрешающая способность аппаратуры поиска, характеристики заметности подвижного объекта, возможные траектории движения БПЛА и объекта поиска. Моделирование процесса поиска и расчета вероятности тактического контакта с обьектом производилась с помощью метода Монте-Карло. В качестве возмущающих параметром используются ошибки, выводы БПЛА в точку включения аппаратуры поиска обьекта. На основе моделирования были получены рациональные траектории полета БПЛА, обеспечивающие наибольшую вероятность обнаружения подвижного обьекта.

Была реализована программа расчета на языке «Delphi», позволяющая осуществлять визуализацию результатов моделирования. В результате моделирования

Анализ проблем размещения на борту летательного аппарата станции активных помех

Маховых А.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Гусейнов А.Б.
МАИ, каф. 602
anyuta_mahovyh@mail.ru

Радиоэлектронные средства (РЭС) составляют основу всех современных комплексов оружия, которые базируются на летательных аппаратах. Радиоэлектронная борьба (РЭБ), т.е. нанесение информационного ущерба (ИУ), является неотъемлемой частью проведения боевых операций.

Информационный ущерб РЭС противника ЛА может быть нанесен путем постановки активных и пассивных помех, снижением показателя заметности ЛА. Наиболее эффективно информационное подавление РЭС можно осуществить путем воздействия на приемник подавляемой РЭС активных помех, источником которых являются станции активных помех (САП).

Все станции активных помех включают в себя: приемная и передающие антенны (A_1, A_2), разведывательный приемник (РП), схема запоминания частоты (СЗЧ), блок подстройки передатчика помех (БПП), генератор помех (ГП), модулятор (М).

С выхода разведывательного приемника сигналы поступают на схему индикации и регистрации, служащую для их анализа и определения вида модуляции.

Воздействия активных помех на радиолокационные станции (РЛС) комплексов противовоздушной обороны (ПВО) приводят к снижению дальности и вероятности обнаружения $P_{обн}$, селекции $P_{сел}$, целераспределения $P_{цр}$, захвата $P_{захв}$, сопровождения $P_{сопр}$, наведения $P_{нав}$ средств поражения на ЛА. Уменьшается также дальность обнаружения, соответственно, зоны пуска и поражения средств ПВО, что приводит к сокращению времени пребывания ЛА в зоне ПВО, т.е. к уменьшению вероятности его обстрела $P_{обст}$. Увеличиваются вероятности преодоления летательным аппаратом ПВО противника $(1 - P_{ПВО})$ и поражения им цели W_1. Снижается количество ЛА $n_{ЛА}$ на поражение цели с заданной вероятностью $W_{\Sigma} = const$.

Основными характеристиками и проектными параметрами САП являются: P_n – мощность помехи, Вт; G_n – коэффициент усиления антенны; Δf_n – ширина спектра помехи, Гц; λ – длина волны, м; число диапазонов подавления на частоте $n_д$; сектор излучения $\varphi, \theta_{аз}$, $F(\theta)$ – функция, описывающая нормированную диаграмму направленности антенны САП; $m_{сап}$ – масса; $V_{сап}$ – объем САП; $C_{САП}$ – стоимость, руб.; N – потребляемая мощность САП, Вт.

Для решения задач размещения САП на борту ЛА должны быть разработаны математические модели:

1. Определение массогабаритных, энергетических, стоимостных характеристик САП в зависимости от основных проектных параметров.
2. Разработка инженерных моделей функционирования САП и оценки эффективности помехи (снижение дальности и вероятности обнаружения, селекции и т.д.).
3. Оценка влияния установки САП на стартовую массу, геометрические размеры (на базе САПР-602) и стоимость ЛА в целом.
4. Оценка величины эффективной поверхности ЛА $\sigma_{ЛА}$.
5. Оценка взаимосвязи энергопотенциала САП ($P_п G_п$) и показателя заметности $\sigma_{ЛА}$.
6. Рациональное распределение ресурса массы бортовых средств радиоэлектронной защиты (Ср. РЭЗ) ЛА на массы Ср. РЭП и ССЗ.
7. Оценка эффективности применения аппарата в целом в условиях постановки помех.

Анализ конструкции крыльевого блока, применяемого в ракетной технике

Мелешко М.Д.
Научный руководитель – к.т.н. Блатиков Г.А.
МАИ, каф. СК
stk1996@mail.ru

Сложность задач проектирования зенитных управляемых ракет (ЗУР) связана с тем, что в последние годы качественно изменились средства воздушного нападения и тактика их боевого применения. Новое наступательное оружие требует нового вооружения защиты, способного решать современные задачи обороны, в числе которых:

- способность обнаружения и обслуживание множества воздушных целей в условиях массированного воздушного нападения и активного радиоэлектронного и боевого противодействия;
- малое время реакции ракетного комплекса с момента обнаружения цели, мобильность и высокая боеготовность комплексов в любых погодных условиях;
- высокая огневая производительность с автоматизацией всех основных процессов функционирования комплексов;
- высокая точность наведения ЗУР на цель и высокая вероятность поражения воздушных целей в условиях активного и пассивного противодействия противника.

Каждая из этих задач – крупная научно-техническая проблема, подлежащая решению при создании современных ЗУР. В данной ситуации ЗУР должны отвечать ряду специфических требований:

- минимально возможное время подготовки к старту;
- двигательная установка ЗУР должна обеспечивать ее максимально быстрый разгон до гиперзвуковой скорости, с тем, чтобы иметь высокую скорость полета до заданной дальности поражения цели;
- располагаемые поперечные перегрузки и быстродействие ЗУР должны быть в несколько раз выше, чем у цели;
- высокая мобильность зенитно-ракетного комплекса с минимальным временем развертывания с марша.

В связи с применением транспортно-пускового контейнера (ТПК) ограниченных габаритов, с целью установки большего числа изделий в составе одного зенитно-ракетного комплекса (ЗРК) и унификации изделий возникла необходимость применения складывающихся крыльев, что потребовало разработки механизмов, способствующих раскрытию крыла, и механизмов фиксации крыла после выхода ракеты из контейнера при старте.

На основе анализа крыльевого блока одной из ракет было предложено техническое решение, которое обеспечивает наилучшие аэродинамические характеристики конструкции и значительный прирост полезного момента за счет объединения в работе на раскрытие усилий механического привода, пластинчатых торсионов, собственной инерции поворотных частей и использования аэродинамических сил.

Включение пластинчатых торсионов в систему позволит значительно усилить динамические характеристики механизма, что повысит надежность раскрытия и фиксации крыльев в раскрытом положении.

Выполненные расчеты показали, что при использовании пластинчатого торсиона с трубчатым корпусом будет в значительной мере увеличен момент раскрытия консоли, что увеличит сопротивление ветровой нагрузке и сократит время срабатывания механизма раскрытия крыльевого блока.

Разработанный механизм раскрытия и фиксации крыльевого блока ЗУР позволяет:

- уменьшить габариты ТПК, что дает возможность увеличить количество изделий в составе одного ЗРК;
- увеличить момент раскрытия консоли и открывает возможности применения крыльевого блока в перспективных изделиях.

Ультрапористые композиционные материалы на неметаллической основе для тепловой защиты спускаемых аппаратов

Моржухина А.В.
МАИ, каф. 601
morzhukhina@mai.ru

Обеспечение надежной тепловой защиты спускаемых аппаратов (СА) – одна из основных задач пилотируемой космонавтики. Как правило, предпочтение при выборе материалов для надежной тепловой защиты СА отдается материалам широкого применения, которые интересны для различных областей науки. Наиболее интересными с этой точки зрения остаются высокопористые композиционные материалы на основе ультратонких волокон кварца, углерода, оксида алюминия и т.д. Во всем мире особый интерес ученые проявляют к ультрапористой ячеистой керамике и ультрапористому ячеистому стеклоуглероду. Эти материалы сочетают в себе ряд уникальных свойств, таких как низкая теплопроводность, высокая пористость и, как следствие, низкая объемная плотность, относительно хорошая прочность и высокие теплоизоляционные свойства. Кроме того, свойства этих материалов могут быть радикально изменены в зависимости от технологии их изготовления, что может быть использовано при создании конструкций аэрокосмического назначения с заданными свойствами. В настоящее время доступ к подобным материалам в нашей стране ограничен и для более детального исследования их свойств и возможностей их использования при создании тепловой защиты для СА автором работы было предложено провести численное и экспериментальное исследование материала, близкого по свойствам к описанному, чьи бы теплофизические характеристики были бы известны с достаточной точностью в настоящее время. Таким образом, для проведения комплексных исследований был выбран отечественный высокопористый материал ТЗМК-10, разработанный при создании плиточного теплозащитного покрытия орбитального корабля «Буран». В работе представлена физическая модель процессов теплообмена в слое высокопористого теплозащитного покрытия и математическая модель сложного радиационно-кондуктивного прогрева в плоском слое образца материала. В работе также рассмотрены альтернативные методы описания процесса радиационного теплопереноса и исследованы численные методы. Создан необходимый программный инструмент. При проведении экспериментальных исследований теплового состояния исследуемого материала разработаны новые конструкционные решения и подходы к сборке экспериментального модуля. Экспериментальные и численные данные, полученные в ходе выполнения работы, могут быть использованы в качестве начальных рекомендации для исследования свойств ряда ультрапористых материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-7052.2016.8.

Анализ проблем проектирования гиперзвуковых ЛА

Носов Г.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Гусейнов А.Б.
МАИ, каф. 602
Gena00X@ya.ru

Новый подход к ведению войны сделал актуальной задачу радикального снижения времени нахождения летательных аппаратов в зоне ответственности комплексов систем ПВО и доставки полезной нагрузки к цели путём создания беспилотных гиперзвуковых летательных аппаратов (БГЛА).

В данной работе рассмотрен ряд вопросов, связанных с созданием БГЛА для заданного тактико-технического задания на проектирование (высота H=30 км, скорость в числах Маха M=6, дальность L>1000 км). На основе проведённого анализа сформирован конструктивно-компоновочный облик БГЛА. В работе проанализированы проблемы выбора внешнего облика и интеграции двигательной установки на базе прямоточного

воздушно-реактивного двигателя (ПВРД), теплового проектирования, выбора конструкционных материалов.

Рассмотрены особенностей гиперзвуковой аэродинамики, сформулированы требования к аэродинамической схеме ГЛА. Проведены расчёты обтекания ромбовидных и клиновидных профилей и твердотельной модели аппарата в целом методом конечных элементов на базе программы ANSYS и получены их аэродинамические характеристики[1].

Проанализированы возможные типы двигательных установок и их топлив. С учётом наиболее высоких характеристик, простоты конструкции, уровня развития и предъявляемых массогабаритных ограничений выбран ПВРД с дозвуковой скоростью потока в камере сгорания на углеводородном топливе. Разработана инженерная программа расчёта характеристик ПВРД на основе математической модели функционирования двигателя и алгоритма, описанных в [2]. На базе данной программы были получены рабочие характеристики двигателя в зависимости от режима полёта, скорости, высоты, траекторных параметров.

На базе определения аэродинамических показателей, высотно-скоростных характеристик и интегрирования уравнений движения аппарата по траектории проведено баллистическое проектирование. В результате этих исследований определен потребный запас топлива и параметры траектории.

Проведена оценка распределения температурных полей на поверхности аппарата с учётом аэродинамического нагрева и внутренних источников тепла. Расчёты проведены методом конечных элементов на базе программы ANSYS. Проведён расчёт потребных толщин теплозащитного покрытия.

Выбор конструкционных материалов проведен с учётом условий функционирования аппарата температуры, прочности, массы, стоимости. Проанализирована возможность применения высокотемпературных композиционных материалов для наиболее термонагруженных элементов конструкции.

Проведена предварительная оценка масс, потребных объёмов для отдельных агрегатов и стартовой массы, габаритных геометрических размеров аппарата в целом[3].

Особенности расчета форм собственных упругих колебаний корпуса ракет-носителей пакетной компоновки

Павлов А.М.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Темнов А.Н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, каф. СМ-1
pavlov_arseniy@mail.ru

При решении задач прочности, управления и обеспечения устойчивости движения ракет-носителей (РН) широко используется подход, в котором решение той или иной задачи раскладывается в ряд по базисным функциям, в качестве которых обычно выступают нормированные формы упругих колебаний корпуса РН. Несмотря на то, что современные вычислительные методы и инструменты позволяют использовать различные механические модели ракеты, стержневая осцилляторная модель жидкостной РН на сегодняшний день является актуальной и используется на различных этапах анализа.

Так, при прочностных расчетах, из информации о напряженно-деформированном состоянии стержневой модели можно получить данные о нагрузках, которые могут использоваться в дальнейших уточняющих расчетах с применением более подробных оболочечных и трехмерных механических моделей конструкции. При этом, найденные формы колебаний стержневой модели используются в расчете «как есть», без необходимости дополнительного анализа и классификации.

При анализе устойчивости движения РН, а также при формировании алгоритмов управления требуется распределение набора форм колебаний по принадлежности их к тому или иному каналу управления либо динамическому контуру. В случае стрежневой модели многоступенчатой РН, выполненной по тандемной схеме, такая классификация не составляет труда, так как та или иная форма колебаний обычно представлена

определенным типом колебаний стержневой модели: продольными, изгибными или крутильными колебаниями (случай параметрических колебаний, при которых продольные колебания корпуса РН возбуждают поперечные колебания жидкости в баках и, как следствие поперечные колебания корпуса РН, обычно рассматривается отдельно).

На сегодняшний день, все большее распространение получают многоступенчатые РН, выполненные по комбинированной схеме, где ускорители первой ступени соединены параллельно (пакетная компоновка), а последующие ступени следуют друг за другом по тандемной схеме (эту комбинированную схему в дальнейшем будем называть пакетной компоновкой, так как РН, выполненные только по пакетной схеме, в настоящее время не встречаются).

Расчеты показывают, что формы собственных колебаний стержневых моделей РН пакетной компоновки имеют значительно более сложную структуру по сравнению с формами колебаний аналогичных моделей РН тандемной компоновки. Боковые стержни совершают совместные изгибно-продольно-крутильные колебания. При определении нагрузок в конструкции для проведения прочностных расчетов такое усложнение не играет существенной роли, но в случае исследования устойчивости движения РН или синтеза алгоритмов управления требуется дополнительная классификация форм колебаний по каналам управления. Несмотря на то, что такая классификация была проведена в ЦНИИМаш, определенные сложности вызывает наличие кратных частот в спектре. В этом случае собственное подпространство содержит несколько ортогональных форм колебаний, и их линейная комбинация также является формой колебаний, соответствующей данной частоте. В итоге численный решатель на выходе дает результаты, соответствующие произвольным линейным комбинациям форм, относящимся к различным каналам управления.

В докладе рассматривается подход, позволяющий каждую из уже рассчитанных форм колебаний, соответствующих кратным частотам, преобразовать к форме, отвечающей только одному из каналов управления.

Использование поездов на магнитной подушке для транспортировки ракет космического назначения и их составных частей

Певтулиди Т.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Торпачев А.В.
МАИ, каф. СК
tanya.pevtulidi@yandex.ru

В современном мире происходит быстрое развитие науки и техники. На данном этапе разрабатываются и создаются различные технологии, позволяющие нам упрощать те или иные процессы производства. Несмотря на это, процесс подготовки к пуску и запуска ракеты космического назначения (РКН) до сих пор остается долгим и трудоемким процессом, включающим в себя множество операций. Одними из таких операций являются транспортировка ракеты или ее составных частей, как с завода изготовителя на космодром, так и по территории космодрома.

Для доставки ракеты или ее составных частей применяют специальное транспортное оборудование. Все средства транспортного оборудования можно разделить следующие группы:

- средства автодорожного транспорта;
- средства железнодорожного транспорта;
- средства воздушного транспорта;
- средства водного транспорта.

Чаще всего для перевозки оборудования РКН применяют средства железнодорожного транспорта. По сравнению с другими видами транспорта они обладают большей скоростью и грузоподъемностью. Однако существует такой вид транспорта, как поезд на магнитной подушке, который превосходит по своим характеристикам обычные поезда.

Принцип перемещения таких поездов основан на взаимодействии двух частей: магнитной подушки и магнитных рельсов (или рельса, в зависимости от конфигурации поезда). Магнитной подушкой является днище вагона, в которое вмонтированы магниты. При взаимодействии магнитов подушки с магнитами рельса возникает сила отталкивания при взаимодействии одинаковых полюсов магнитов, и сила притяжения при взаимодействии противоположных полюсов магнитов. За счет этих взаимодействий происходит левитация состава поезда. Движение осуществляется линейным двигателем, расположенным либо на поезде, либо на пути, либо и там, и там.

Данный вид поездов имеет ряд преимуществ, по сравнению с обычными поездами, в том числе:

1. высокая скорость – в среднем такой поезд может развивать скорость до 600 км/ч, что в итоге приведет к уменьшению срока поставки оборудования;
2. долговечность – при прохождении поезд не касается рельсов, а значит рельсы и магнитная подушка поезда практически не изнашиваются;
3. экологичность – поезда такого типа работают исключительно на электрической энергии.

Из-за отсутствия контакта с рельсами ход поезда получается более плавным, а сам поезд обладает относительно низким шумом, по сравнению с обычными поездами. Еще одним из преимуществ такого вида транспорта являются значительно меньшие затраты энергии для перевозки РКН в целом, так как поезду на магнитной подушке не нужен тягач.

На данный момент ведутся разработки по следующим основным направлениям:

– идёт оценка стоимости проекта постройки такой дороги;

– проводится исследование по выявлению влиянию магнитного поля на электронику, составные части и РКН в целом.

Исследование методов доставки и предстартовой подготовки аэрокосмической техники

Рискин О.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Торпачев А.В.
МАИ, каф. СК
stk1996@mail.ru

Аэрокосмическая промышленность непрерывно развивается в области строения ракет космического назначения (РКН) с ракетным двигателем на твердом топливе (РДТТ). Различные варианты компоновки, массы и габаритов требуют особых условий транспортировки РКН с РДТТ к месту пуска.

Для определения возможных вариантов оптимизации транспортирования и установки на пусковой стол перспективных РКН с РДТТ необходимо исследовать уже имеющиеся варианты исполнения.

С этой целью проведено исследование конструкции и разрабатывание объема операций и техническая последовательность выполнения работ по прохождению РКН. Определены основные параметры схемы прохождения, которые необходимо оптимизировать для обеспечения возможности транспортировки и установки на стартовую позицию перспективных РКН с РДТТ.

В результате проведенных работ выявлен оптимальный объем операций и доработка для значительного улучшения качества транспортирования и эксплуатации РКН с РДТТ:

– Исходя из ограниченных возможностей при доставке РН железнодорожным транспортом, принята схема модульной эксплуатации ракеты. Ракета полностью собирается на заводе изготовителе, после комплексной проверки разбирается для транспортировки на модули 1 и 2. При этом в состав модуля 1 входят стартовая, первая и вторая ступени ракеты в секции транспортно-пускового контейнера (ТПК), модуля 2 – третья и четвертая ступени с пристыкованными к ним агрегатным и приборными отсеками во второй секции ТПК;

– Стыковка и проверки осуществляются на технической позиции места запуска;

– Погрузка (выгрузка) пускового стенда (ПС) на транспортно-перегрузочную тележку осуществляется бескрановым способом с использованием домкратов ПС;

Для запуска с территории космодрома в качестве технической позиции используется территория существующих технических площадок со стационарными сооружениями необходимых размеров и оснащенности

На основании сформированных характеристик и особенностей метода транспортировки и вертикализации ракеты, а также для получения данных о технологии работы, проведен анализ вариантов исполнения.

В дальнейшем данная работа может быть применена для рассмотрения принципиальных решений и конструкций, необходимых для транспортировки и установки на пусковой стол РКН с РДТТ, применения новых технологий и улучшения технико-экономических показателей.

Исследование температурных воздействий на устойчивость при различных скоростях нагружения конической оболочки

Саранский В.Д.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Туркин И.К.
МАИ, каф. 602
skynnex.ololo@gmail.com

Современные летательные аппараты обладают высокими тактико-техническими данными и высокой экономичностью, поэтому к ним предъявляют повышенные требования к прочностному расчету их конструкций. Уточнение существующих и разработка новых надежных и эффективных методов расчета оболочек, как важнейших составных частей конструкций, на устойчивость и прочность является на сегодняшний день актуальной задачей.

В работе исследуется задача о динамической устойчивости «в малом» конической оболочки, подкрепленной стрингерами и шпангоутами, нагруженной равномерно распределенными в поперечном сечении погонными усилиями при неравномерном распределении температуры. Эта задача имеет особый интерес при расчете тонкостенных конструкций.

Исследование проводилось исходя из предположения, что закон изменения сжимающей силы задан, скорость нагружения считается малой по сравнению со скоростью распространения упругих волн в материале оболочки, это позволяет учитывать лишь силы инерции, отвечающие за перемещения по нормали и срединной поверхности. Принимается, что подкрепляющие ребра расположены часто и симметрично относительно срединной поверхности, соответственно жесткость ребра можно равномерно распределить по длине шага. Пусть шпангоуты круговые, оболочка шарнирно скреплена по торцам со шпангоутами, точки которых могут получать радиальные перемещения. Пренебрегаются температурные усилия в окружном и касательном направлениях, учитываются только температурные усилия в осевом направлении. Выбирается аппроксимирующее выражение для прогиба. Для приближенного интегрирования уравнения движения элемента подкрепленной оболочки в проекции на нормаль для заданного нагружения применяется метод Бубнова-Галеркина, считая варьируемым параметр прогиба.

Рассмотрены зависимости между безразмерной стрелой прогиба и безразмерным параметром времени для оболочки, имеющий $R_2 = 15$ см и $\alpha = 70°$, в такой же постановке исследованы зависимости с учетом N_S^0 температурного усилия в осевом направлении. Различные серии кривых относятся к динамическому нагружению оболочки с разными скоростями.

Исследование устойчивости неравномерно нагретых конических оболочек при динамическом приложении осевой нагрузки является актуальной темой с научной и прикладной точек зрения.

Методический подход к оптимизации параметров РН сопла маршевых ДУ высотных ступеней на начальном этапе проектирования

Солодков И.В.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Ярославцев Н.Л.
МАИ, каф. ТППДЛА
sol-ivan@yandex.ru

В настоящее время развитие РК идет сразу по нескольким направлениям, одним из которых является расширение видов базирования и использования новых типов носителей. Прорабатываются корабельное, авиационное и автомобильное размещения РК. Их общей отличительной чертой являются жесткие габаритные ограничения, накладываемые на изделие.

Фактически, все более актуальной становится задача увеличения запаса энергии в ограниченном объеме изделий.

Эта задача решается применением складных конструкций сопел, позволяющих увеличить длину корпуса с соответствующим повышением веса заряда ступеней, либо увеличить удельный импульс за счет повышения степени расширения сопла, при сохранении габаритов двигательной установки (ДУ). Складная конструкция сопла чаще всего реализуется за счет применения самостоятельного узла - раздвижного насадка (РН), который компактно размещается в «пассажирском» режиме, а в рабочем обеспечивает полный профиль сверхзвуковой части сопла. В условиях жестких габаритных ограничений РН применяются в основном для сокращения длины сопла.

Применение РН позволяет решить указанную задачу при относительно небольших материальных затратах и объемах экспериментальной отработки. Для перспективных ДУ возникает потребность в методическом подходе к процессу определения оптимальных параметров РН сопла маршевых ДУ в начале проектирования.

Для решения задачи, таким образом, был выбран инженерный метод, который заключается в следующем:

1. Определяется отрезок на профиле сверхзвуковой части сопла, на котором возможно размещение РН с учетом левой границы зоны;

Отрезок делится на количество сегментов равное заданному числу выдвижных секций. При этом длина сегменты по оси X одинакова;

Производится компоновка первой выдвижной секции;

Производится привязка правой граница зоны размещения РН к верхней конечной точке первой выдвижной секции;

Производится компоновка остальных выдвижных секций в области, ограниченными вышеуказанными;

Производится проверка условия, что срез последней выдвижной секции попадает на правую границу зоны в пределах заданной погрешности;

Определяются массовые характеристики РН;

Определяются характеристики ДУ с РН, с сокращенной длиной;

Определяется баллистическая эффективность (БЭ) изделия с вышеуказанной ДУ.

Необходимо заметить, что разнообразие конструкций РН постоянно увеличивается. Предлагаются новые способы складывания, материалы и в этой связи в базовый алгоритм заложен принцип универсальности и расширяемости, который позволяет при небольшой модификации проводить оптимизацию параметров РН различных типов.

Практическая реализация данного алгоритма выполнена на языке программирования Delphi. В результате проведенных работ, был разработан методический подход к оптимизации параметров складки РН маршевых ДУ, позволяющий существенно уменьшить затраты времени на начальном этапе проектирования маршевых ДУ, а также увеличить точность проектирования.

Исследование динамического поведения тонкостенной цилиндрической конструкции ЛА при комплексном термосиловом нагружении

Степанов В.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Туркин И.К.
МАИ, каф. 602
phenomikspc@gmail.com

На современные летательные аппараты воздействуют сложные термосиловые нагружения. Разработка элементов конструкций ЛА, предназначенных для эксплуатации в различных полетных условиях, составляет одну из существенных задач современного проектирования. В данной работе были исследованы условия функционирования тонкостенных конструкций летательных аппаратов при динамическом термосиловом нагружении и при помощи ЭВМ определены пределы работоспособности исследуемой конструкции.

В качестве исходных данных исследуемой тонкостенной цилиндрической оболочки были приняты геометрические параметры части отсека корпуса ЛА. В ходе исследования был проведен анализ монококовой конструктивно-силовой схемы, представленный в виде незамкнутой цилиндрической панели средней длины.

Сжатая в осевом направлении подкрепленная цилиндрическая панель нагружена в общем случае по торцам нормальными статическими усилиями, а по боковой поверхности – импульсом равномерного внешнего давления. Принятые условия нагружения характеризуются, помимо предварительного сжатия панели, действием на панель неравномерного по окружности температурного поля.

Для получения правильной математической модели расчета конструкции были приняты ограничения и допущения технической теории тонких пологих оболочек, которые определяют геометрически нелинейную постановку задачи.

Для получения основного уравнения динамического поведения исследуемой системы использовалось уравнение Лагранжа 2-го рода. В данной работе для решения нелинейной задачи использован метод предложенный А.С. Вольмиром и В.Л. Агамировым, заключающийся в численном решении одного уравнения относительно полного прогиба. Таким образом, было получено нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка относительно полного прогиба для исследования динамического поведения подкрепленной цилиндрической оболочки при комплексном нагружении.

В первую очередь был проведен анализ влияния параметров предварительного нагружения на динамическую устойчивость конструкции панели при заданных конструктивных параметрах. Анализ полученных данных показывает, что при увеличении температуры нагрева происходит уменьшение значений критической амплитуды давления в импульсе. В отдельных расчетах изучалась картина волнообразования цилиндрической панели в процессе прощелкивания при импульсе с критической амплитудой давления. Для удобства анализа полученных данных были построены соответствующие графики при различных параметрах.

В процессе работы был разработан алгоритм на ЭВМ для исследования динамической устойчивости подкрепленной цилиндрической панели.

Получены зоны, в которых обьект находится с наибольшей вероятностью. Была проведена оценка потребного числа БПЛА при выполнении задачи поиска с заданной вероятностью.

Становление и развитие твердотопливного направления в СССР во второй половине XX века

Хромова К.В., Швец Н.И.
Научный руководитель − к.и.н. Балыш А.Н.
МАИ, каф. 405
hromova.kristinka@mail.ru

В 50-е годы XX в. под влиянием опыта немецких конструкторов в СССР начинается разработка собственных БР на криогенном топливе (Р-5М, Р-7А, Р-9А) под руководством С. П. Королева и ракет на высококипящем окислителе – азотном тетраоксиде (Р-12, Р-14, Р-16) под руководством М.К. Янгеля. Но из-за ряда существенных недостатков жидкостных ракет возникла необходимость в переоценке роли и значения жидких топлив в области создания БР.

Из опыта, полученного в ходе эксплуатации жидкостных ракет стало очевидно, что основные недостатки советских БР первого поколения могут быть ликвидированы лишь при переходе от жидких топлив к твердым. Сравнение пробных запусков БР РТ-1 на НМФ-2 и МБР на СТТ "Минитмен -1" показало, что советские ракеты на баллистических порохах НМФ-2, разработанных еще до войны, уступали американским ракетам на СТТ. В результате чего в СССР в первой половине 60-х г. началась разработка СТТ для МБР.

Несмотря на успешный дебют твердотопливного ракетостроения на рубеже 60-70 г. в жидкостном ракетостроении продолжались разработки, в частности была придумана технология ампулизации ракет, что позволяло сохранить стабильные свойства компонентов топлива в течение семи лет. Тем самым устранялся один из главных недостатков жидкостных ракет – невозможность их постановки на длительное боевое дежурство.

Прорыв, совершенный советскими конструкторами в конце 60-х г. как в жидкостном, так и в твердотопливном ракетостроении привел к конкуренции между этими двумя направлениями. В.Н. Челомей - главный конструктор ЦКБМ, работающий над созданием жидкостных ракет, смог убедить ряд влиятельных лиц в бесперспективности ракет на СТТ, что фактически привело к запрету на разработки в этой области ракетостроения. Единственно правильным направлением стало считаться создание и усовершенствование новых поколений жидкостных БР - УР-100 и Р-36.

Для осуществления стратегии ядерного сдерживания, в 70-х годах в СССР было принято решение о создании сверхзащищённых ШПУ советских МБР, что оправдывало себя лишь при условии слабой кучности стрельбы американских БР. Но с улучшением их ТТХ строительство сверхукреплённых ШПУ теряло актуальность. Это заставило искать новый способ обеспечения выживаемости ракет при первом ядерном ударе противника. Решением проблемы стало создание мобильных ракетных комплексов, что было невозможно осуществить на основе жидкостных ракет. В результате этого твердотопливное ракетостроение в СССР получило новый импульс для своего развития.

Вся история создания СССР баллистических ракет прошла под знаком борьбы двух направлений –жидкостного и твердотопливного (на СТТ). И в СССР, и в США по началу делали упор на конструирование жидкостных ракет. Тем не менее под влиянием немецкого опыта по созданию первой в мире БР ФАУ-2, а так же собственных наработок уже в конце 50-х гг. американцы в смесевым твердым топливам и ракетам с РДТТ. В СССР этот шаг был сделан гораздо позже – на рубеже 70-80-х гг., и то под давлением сложившихся обстоятельств, просто не оставшихся другого выхода. Таким образом, до 80-х гг.XX в. в Советском Союзе твердотопливному направлению уделялось недостаточно внимания, что стало одним из крупных просчетов, негативные последствия которого, особенно в области создания высокоточного ракетного оружия и экономической безопасности, не преодолены по сей день.

Гетерогенный катализ в химически активном пограничном слое

Шкуратенко А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Никитин П.В.
МАИ, каф. 204
Shkuratenko.anna@mail.ru

При входе в плотные слои атмосферы орбитального космического летательного аппарата (КЛА), скорость набегающего потока такова, что у поверхности аппарата протекают химические реакции. Для воздуха такими реакциями являются: рекомбинация атомов и диссоциация молекул азота и кислорода. Данные условия создаются при полёте КЛА со скоростью M≥6. В результате, температура торможения (T_0) достигает $T_0=2500K$. При такой температуре в сжатом и пограничном слоях реализуются реакции диссоциации молекул кислорода. Данные реакции являются эндотермическими.

Пограничный слой, в котором реализуются указанные реакции, называется химически активным. Скорость набегающего потока, при которой возникает указанный пограничный слой, что соответствует M=6, называется гиперзвуковой скоростью, а летательный аппарат – гиперзвуковой летательный аппарат (ГЛА).

Таким образом, тепловой поток, поступающий в конструкцию КЛА, будет формироваться за счёт трех составляющих: теплопроводности, конвекции и диффузии.

Тепловой поток, подведенный к стенке, за счет диффузии атомов определяется интенсивностью реакции рекомбинации атомов, которая происходит на поверхности (гетерогенные реакции). Так как это реакция химическая, то ей можно управлять, используя материалы, обладающие свойствами катализаторов или ингибиторов.

Опираясь на знания процесса диффузии, можно выделить следующие варианты взаимодействия химически активных атомов с поверхностью:

- атомы, достигнув поверхности, реагируют с материалом конструкции. В итоге, происходит унос или прирост массы;
- протекает реакция рекомбинации атомов с выделением теплоты – теплота образования молекул;
- отсутствует химическое взаимодействие атомов и поверхности.

Оценено, что вклад реакций рекомбинации атомов в процесс конвективного теплообмена при гиперзвуковых скоростях полёта составляет ~15-20%.

Весь представленный механизм тепло- и массообмена реализуется в случае ламинарного пограничного слоя. Если пограничный слой турбулентный, то указанный механизм нарушается, что обусловлено переносом массы за счёт вихреобразования.

В условиях реального полета ГЛА планирующего класса на поверхности теплонапряженных элементов конструкции планера создается специальная тепловая защита. Чтобы повысить эффективность такой тепловой защиты, материалы ее поверхности должны обладать конкретными каталитическими свойствами. Благодаря этим свойствам на поверхности таких материалов реализуются процессы химической каталитической абсорбции, которая в несколько раз снижает воздействие от теплового потока в конструкцию аппарата, а, значит, на *20…30%* уменьшить массу самой тепловой защиты летательного аппарата.

Секция «Системы и технологии жизнеобеспечения в космосе»

Методы улучшения подвижности скафандров космонавтов

Баркова Э.О., Пичулин В.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Пичулин В.С.
МАИ, каф. 607
Illusionmai93@mail.ru

Скафандр — индивидуальное специальное снаряжение, предназначенное для сохранения условий нормальной жизнедеятельности человека в аварийных ситуациях и в

обеспечении производства различных видов работ при выходе космонавта в открытый космос или на поверхность Луны и других планет. Одной из наиболее сложных проблем в разработке перспективных скафандров (выходных и спасательных) является обеспечение подвижности ног и особенно рук скафандра.

В данной работе рассматривается возможность улучшения подвижности и создание шарниров для скафандров космонавтов. Подвижные сочленения оболочки весьма разнообразны по конструкции, причем наибольшее распространение в мягких спасательных скафандрах получили: шарниры, условно названные «шарниры с корочками». Такое название данный тип шарниров получил потому, что деталь, с помощью которой на оболочке создается поперечная складка, имеет форму корочки от апельсиновой дольки. Сочетание шарнира типа корочки с гермоподшипником позволяет наиболее полно обеспечить движение руки в плече.

Космический костюм по-особому сопротивляется движению тела. В современных скафандрах подвижность конечностей ограничена и требует дополнительных усилий. В идеале уровень подвижности скафандра должен соответствовать уровне подвижности человека в обычной одежде. Шарнир должен обеспечивать движение в соответственном суставе в требуемом диапазоне углов с минимальными моментами для его изгибания.

Однако мягкие оболочки скафандров в надутом состоянии оказывают существенное сопротивление движениям конечностей человека. Методы обеспечения подвижности скафандров можно условно разделить на:

- Пассивные;
- Активные.

Пассивные связаны с вмешательством в конструкцию шарниров скафандров. Добиться снижения усилий шарнира скафандров до нуля не представляется возможным.

Активные методы подвижности позволяют не только снизить усилия, предполагаемые скафандром, но и существенно повысить его физические возможности. В современных условиях это реализовано в экзоскелетонах, которые требуют энергоемких источников энергии. Применительно к скафандру может быть предложена схема усилителя локтевого шарнира. В костюмах есть свои источники энергии, которые могут быть использованы в указанных целях.

Важным элементом улучшения шарниров является перчатка скафандра. Космонавт, находясь в скафандре с надетыми перчатками, может сжимать руку, брать предметы, осуществлять пилотирование кораблем, управлять приборами благодаря наличию шарниров в перчатке.

В работе предполагается рассмотреть возможность разработки пневматических усилителей экзоскелетонов с целью дальнейшего использования в скафандрах.

Обеспечение гравитационных условий для производства провианта сельскохозяйственным путём в ходе межзвёздного перелёта

Газзаев А.-Б.В., Демин Г.Р., Никитин Е.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Зернов В.И.
МАИ, каф. 601
jack-nikitin@mail.ru

Недавнее открытие звезды с семью подобными Земле планетами вновь возбудило интерес человека к межзвёздным перелётам. Но, как известно, эти перелёты, а в особенности пилотируемые, весьма затруднительны из-за необходимости поддержания долговременного жизнеобеспечения команды корабля.

Практичным методом обеспечения провиантом будет выращивание его на самом космическом корабле. Из этого следует, что для благополучного развития сельскохозяйственной инфраструктуры необходимо обеспечить отсеки больших размеров гравитацией, схожей с землёй, и другими необходимыми условиями.

Рассмотрим конструкцию космического аппарата, представляющего собой двуслойный цилиндр большого диаметра. Внешний слой — это оболочка из высокопрочных материалов, а внутренний – основная часть корабля, разделённая на

множество отсеков, у каждого из которых своё предназначение. Позади данной конструкции будут располагаться топливные баки и фотонный двигатель, топливом для которого будут являться взаимодействующие друг с другом водород и антиводород. Данный двигатель сможет обеспечить космический аппарат постоянным ускорением, равным 9,8 м/с^2. Если считать, что таким образом корабль сможет достичь 70% от скорости света, то полёт до звезды Альфа Центавра в одну сторону займет 6,82 года относительно экипажа и около 9,5 лет относительно Земли.

Во время разгона или торможения давление за счёт гравитации будет оказываться на плоскости, параллельные нижней (верхней) грани цилиндра. При достижении аппаратом необходимой скорости (0,7c) маршевый двигатель выключится, и последующее действие гравитации будет основано на вращении цилиндра, за счёт работы двигателей, обеспечивающих ротацию корпуса корабля. Вращение с постоянной угловой скоростью, равной 0,53 рад/с, обеспечит цилиндр центростремительным ускорением в 9,8 м/с^2, за счёт которого на концентрические цилиндру поверхности изнутри будет действовать гравитация, сравнимая с земной.

Таким образом, в течение всего полёта, корабль будет обеспечиваться необходимыми гравитационными условиями, что позволит экипажу выращивать не только растительные культуры, но и некоторых представителей животного вида. Более того, польза растений будет заключаться ещё и в том, что они могут являться ключевым элементом автономного внутрикорабельного круговорота веществ, то есть они будут перерабатывать углекислый газ в кислород, что обеспечит одно из необходимых условий жизнедеятельности не только выращиваемого провианта, но и самого экипажа.

Воздействие перегрузок на биологические ткани при импульсном старте

Герасимов Ю.В., Константинова Л.А.
МАИ
l.konstantinova98@gmail.com

В свете запуска новых космических программ, таких как «колонизация Марса», возникла необходимость удешевления стоимости вывода с Земли килограмма полезного груза. Решение данной проблемы вскоре было найдено. Учеными стали разрабатываться установки с применением импульсного старта. Стоит отметить, что во время старта и приземления живой организм испытывает колоссальные перегрузки. Вследствие этого могут быть повреждены дорогостоящее оборудование или целостность биологических тканей живого груза. Особенно актуальной проблема перегрузок становится при импульсном старте, так как разгон до первой космической скорости происходит за весьма короткий промежуток времени. Следовательно, появилась еще одна задача: импульсно запустить живой груз в космос, при этом, не повредив целостность биологических тканей организма. Проблема на данный момент является актуальной и частично освещена в приведенной работе. В ней представлена краткая информация об истории создания и совершенствования перфторатов. О возможности и развитии методики жидкостного дыхания, раскрывающего новые возможности как в глубоком погружении под воду, так и в отправлении живого груза в космос.

В данной работе были поставлены и решены две задачи. Первая задача заключалась в нахождении силы и перегрузки, при которых биоматериал свиного легкого будет деформироваться в газовой среде. Полости легкого тоже заполнены газом. Образец разгоняется на центрифуге, то есть движется по окружности (криволинейное движение по окружности), при комнатной температуре. Вторая задача аналогична, но биоматериал свиного легкого будет деформироваться в жидкостной среде. Полости легкого заполнены жидкостью. По расчетам можно было определить, что образец в жидкостной среде подвержен воздействиям перегрузок меньше, чем в газовой среде.

Также в работе проведён эксперимент для сравнения воздействий перегрузок на тело. Для проведения эксперимента было задействовано оборудование, (центрифуга Centrifuge Manufacture-MLW) предоставленное кафедрой химии МГТУ им. Н.Э. Баумана. Также в магазине было куплено не замороженное свиное легкое. В пробирки помещался

биоматериал свиного лёгкого. Пустоты пробирки и биоматериала заполнялись либо газом, либо жидкостью. И затем образцы раскручивались на центрифуге, полученные данные записывались. Проведя эксперимент, можно было сделать вывод, что жидкостная среда лучше сохраняет целостность живых тканей от повреждения при перегрузках, чем газовая.

Электроимпедансные методы анализа состава тела космонавта

Клесарева М.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Пичулин В.С.
МАИ, каф. 607
marina.klesareva@gmail.com

Пилотируемые полеты в космос неизбежно связаны с воздействием на организм человека ряда факторов, среди которых особое место занимает невесомость. Длительное воздействие невесомости вызывает нарушение процессов регуляции в важнейших системах организма и приводит к его частичной дегидратации, атрофии мышц, потере минералов костной ткани и другим серьезным последствиям.

В костно – мышечной системе из – за отсутствия действия внешних сил на структурные единицы, несущих весовую нагрузку, приводит к потере кальция и других минеральных веществ, важных для поддержания целостности костей. В опытах с гиподинамией и после окончания космических полетов выявляется уменьшение объема мышц, особенно нижних конечностей. Проведенные аналитические исследования позволяют классифицировать это явление как мышечную атрофию. Также происходит уменьшение силы и тонуса мышц. Кроме этого, в мышечной структуре были обнаружены сдвиги белкового обмена. Происходит ухудшение силовых и скоростно – силовых характеристик, работоспособности.

Однако возникновение таких ответных реакций на организм можно в некоторой степени нивелировать с помощью различных средств и методов защиты от воздействия эффектов невесомости в условиях космического полета, включающих в себя физические тренировки и воздействие технических средств. Отсюда ставится задача разработки оптимального сочетания того комплекса физических упражнений и технических средств, которые позволят минимизировать изменения в костно – мышечной системе. Это требует создание оперативного контроля состояния человека.

Методом, являющимся достаточно простым в применении, не требующим существенных затрат массы и неинвазивным, является электроимпедансный метод, суть которого заключается в том, что прохождение переменного тока через тело человека зависит от его конкретного состава.

В работе предлагается методика определения состава тела электроимпедансным методом.

Методы улучшения компенсационных и защитных возможностей человеческого организма от воздействия радионуклидов и проникающего космического излучения

Новожилов В.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.
МАИ, каф. 607
vitalynovo@gmail.com

На сегодняшний день радиозащита человека основана на использовании экранирующих материалов - частичная защита и препаратах, связывающих свободные радикалы, но они вызывают в организме гипоксию и отравление. Для решения вопроса защиты человека при полете в космос необходимо основываться на уже имеющихся у человека внутренних механизмах защиты, таком как синтез витамина (гормона) D в дермальном слое кожи, который за счет метаболизации превращается в активную гормональную форму под влиянием ультрафиолетового излучения (УФ) спектр диапазона В (290-315нм), связываясь с D-рецепторами (VDR) клеток всего организма, входящих в D-эндокринную систему.

По последним научным данным D-гормон, является сильнейшим иммуностимулятором, а также незаменимым активатором выработки лимфоцитами цитокинов - информационных низкомолекулярных растворимых белков, обеспечивающие передачу сигналов между клетками, что уменьшает вероятность накопления поврежденных генов, в следствии чего предотвращается возникновение мутаторного фенотипа, что в свою очередь предотвращает мутации генов-супрессоров – крайне важного механизма для предупреждения малигнизации клеток.

Основываясь на бионических исследованиях, которые выявили у большинства исследуемых живых организмов, возможность выдерживать облучение в десятки раз превышающие смертельную дозу для человека, именно благодаря ускоренной репарации и репликации нуклеиновых кислот, следует, что именно на этом факте, свойственному и человеческому организму, необходимо основываться. Изучение этого свойства дало возможность разработать методики для выявления людей со способностью к быстрому синтезированию D-гормона, что может учитываться при отборе космонавтов для дальних полетов.

Существует статистика выживания людей после критической дозы облучения («Маяк» 1957г, «Чернобыль» 1986г) и уникальные исследования на базе института биологической физики федерального медико-биологического агентства (ФМБА) России ФИБ-1 и ФИБ-4 в ЗАТО Озерск, в результате которых была выявлена зависимость выживаемости от содержания в организме D-гормона.

В работе есть убедительные доводы о влиянии D-гормона на репарацию нуклеиновых кислот, а также, что при УФ облучении синтезирование D-гормона происходит с такой скоростью, что его концентрации в организме хватает для разгона механизмов репарации нуклеиновых кислот в клетках - превышающую скорость их поражения радионуклидами, что значительно повышает порог критической дозы воздействия радиации.

В связи с выше изложенным необходимо продолжить исследования касающиеся использования активных метаболитов витамина (гормона) D для защиты от космического радиоактивного облучения. При значительных результатах исследований будут предоставлены методы улучшающие технические параметры скафандра с учетом установки УФ ламп ограниченного спектра (длина волны 290–315 нм) для частичного облучения тела, а также по принятию ультрафиолетовых ванн и облучение пищи УФ на дальних космических полетах. Учитывая специфичность выработки витамина (гормона) D, его сложное усвоение, а также кодирование D-рецепторов (VDR), то его замена на искусственно синтезированный не может являться полноценной, как и других подобных секостероидов.

Лечение и профилактика осложнений, вызванных радиацией и остеопорозом в условиях долговременного космического полёта

Петров М.А.
Научный руководитель – к.т.н., Иванов Н.С.
МАИ, каф. 310
mishany96@bk.ru

Медицинские обследования космонавтов после полетов неизбежно обнаруживали, что они теряли костную ткань в результате процесса, подобного остеопорозу. Организм в условиях невесомости ввиду отсутствия нагрузки на опорно-двигательный аппарат прекращает синтез костной ткани, из-за чего над ней начинают преобладать процессы катаболизма. Такое упущение в долговременной межпланетной миссии станет фатальным, ввиду того что при приземлении космонавт может не выдержать перегрузок, либо же потерять работоспособность, находясь в поле силы тяжести другой планеты.

Достижения современной науки, техники и медицины позволяют реализовать метод неинвазивного лечения узконаправленным ультразвуковым излучением тканей, поражённых в результате травматизма, доброкачественных и злокачественных опухолей,

заболеваний сосудов. Это используется в аппаратах, основанных на механизме, называемом пьезоэлектрическим эффектом и достигается за счёт определённых явлений.

Основные воздействия ультразвукового излучения:

1. Кавитация - периодическое образование полостей (пузырьков) разряженного газа и их схлопывание.

Радиационное давление – силовое воздействие на неоднородности среды в звуковом поле.

Звукохимические реакции - реакции, являющиеся индикаторами кавитационной активности в облучённом образце.

Акустическое течение - однонаправленная циркуляция, которая может возникать при действии акустического поля на текучую среду.

Тепловое воздействие.

Восстановление ткани после повреждения происходит в три этапа:

1. Воспалительная фаза, сопровождающаяся фагоцитарной активностью макрофагов и лейкоцитов, что ведёт к удалению клеточных фрагментов и патогенных микробов;

2. Пролиферационная фаза, сопровождающаяся размножением клеток и ростом новой ткани;

3. Восстановительная фаза, сопровождающаяся образованием упорядоченной коллагеновой сетки в межклеточных промежутках.

Установлено, что ультразвук способствует ускорению заживления мягких тканей и травм костных тканей. При исследовании переломов малой берцовой кости у крыс обнаружено, что ультразвуковое облучение в воспалительной и пролиферационной фазах ускоряет выздоровление. Также при переломе малой берцовой кости кролика прочность достигнута через 17 дней при облучении и 28 дней в контрольной группе.

При долговременном полёте за пределами магнитосферы Земли экипаж получает дозу радиации, способную вызвать серьёзные онкологические заболевания. Установлено, что при действии узконаправленного ультразвукового излучения происходит нагрев тканей, что вызывает гипертермию, из-за которой происходит гибель раковых клеток и ограничивается их репродуктивная способность.

Для устранения и профилактики пагубных последствий, полученных во время межпланетной миссии, предлагается оснастить космический корабль:

– аппаратами УЗИ и рентгеновского исследования;

– аппаратами ультразвуковой терапии, которые работают в различных, в зависимости от заболеваний диапазонах частот и интенсивностей излучения.

Исследование влияния невесомости на работу кровеносной системы человека

Ульянкин И.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Хромова И.В.
НГТУ, каф. ТТ
jhon324986@gmail.com

В настоящее время перспективной задачей в области безопасности космических полетов является разработка средств защиты, направленных на компенсацию негативных факторов, влияющих на организм человека в условиях длительной невесомости. Отсутствие силы притяжения при продолжительных космических полетах критически сказывается на работе всех внутренних органов и систем организма. Подавляющие физиологические отклонения наблюдаются в кровеносной (сокращение общего объема циркулирующей крови и перераспределение по тканям), опорно-двигательной (гипокинезия, деминерализация костной ткани, гиподинамия) и нервной (сенсорные реакции и иллюзии, изменение пространственного анализа) системах организма. Наиболее значимо от воздействия невесомости страдают опорно-двигательная и сердечно-сосудистая системы. Уменьшение тонуса мышц приводит к истощению мышечной массы и деминерализации костной ткани, что в свою очередь ведет к скарификации осанки, смещению внутренних органов и прочим негативным изменениям. Уменьшение нагрузки на сердечно-сосудистую систему ведет к уменьшению массы и силы сердечной мышцы,

нарушению обмена веществ в клетках сердца; ухудшению состояния кровеносных сосудов, а также к уменьшению их числа. Модельные исследования данной проблемы позволяют существенно расширить границы и сократить объем дорогостоящих и опасных для жизни экспериментов. Целью настоящей работы является исследование влияния невесомости на параметры кровеносной системы человека, а также анализ способов компенсации ее негативного воздействия для мужчин и женщин разного возраста и типа конституции по пяти контрольный группам.

В работе выполнен комплекс модельных исследований воздействия невесомости на работу кровеносной системы человека. Выявлены особенности и проведен сравнительный анализ перераспределения крови по тканям для мужского и женского организма по пяти возрастным группам и типам конституции строения организма. Исследован механизм компенсации невесомости с помощью вакуумного костюма, создающего отрицательное компрессионное давление ни нижнюю половину тела. Наряду с широкими возрастными рамками, можно выделить и три характерные группы по типу двигательной активности: специалисты-операторы, бортинженеры, тренированные космонавты (военные летчики). В связи с этим отдельное исследование посвящено изучению влияния типа конституции и двигательной активности на расходно-напорные характеристики в условиях Земли и длительного космического полета.

Полученные результаты могут быть полезны для расширения рамок экспериментов при разработке индивидуальных систем жизнеобеспечения и программ реабилитации космонавтов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-38-00257.

Исследование электрохимических процессов в межэлектродном пространстве электролизера для электролитического получения кислорода

Холяков А.Е., Шангин И.А.
Научный руководитель – старший преподаватель Шангин И.А.
МАИ, каф. 607
leshhol@mail.ru

Получение кислорода электролитическим методом является одним из способов обеспечения им экипажа замкнутых гермообъектов. Для нормальной работы электролизера необходимо отделить газ от жидкости. В наземных условиях это можно осуществить за счет разности удельных весов газа и жидкости. В условиях невесомости эта задача усложняется.

Решение практических задач с использованием численных методов позволяет использовать обобщенную кинетическую модель, учитывающую доставку компонентов диффузией, миграцией и конвекцией.

Расчетные исследования полей интенсивных параметров позволяют объяснить механизмы процессов переноса.

Выбор эксплуатационно-технических характеристик ЭХС может осуществляться на базе различных математических моделей, что позволяет определить пути интенсификации процессов в ЭХС.

В работе предложена мат модель ЭХС получения кислорода, позволяющая оценить изменение полей концентраций, скоростей, температур внутри электролизного устройства.

В таких системах используется электролизер фильтрпрессного типа.

Неразрывная связь технологических параметров системы с параметрами процессов переноса массы, импульса, энергии определяет общую структуру модели системы в виде дифференциальных уравнений с распределёнными параметрами для описания процессов, происходящих в электрохимическом модуле и упрощенных моделей гидромеханики для описания изотермического течения в сопутствующих агрегатах (ёмкостях, смесителях, разделителях, участках трубопровода и т.д.).

При наложении электрического тока на систему между силой тока, протекающего через электрод, и его потенциалом устанавливается сложная взаимосвязь, отличающаяся от равновесного состояния.

Полученный в результате расчета профиль распределения концентраций позволяет оценить электрические параметры электролизера. Также из профиля распределения концентраций можно судить о габаритных размерах электролизной ячейки.

Анализ структуры разработанной математической модели для исследования и проектирования электрохимических систем показывает возможность формировании проектно-технологических параметров прогнозирования состояния системы в условиях стационарности, возмущений, переходных режимов. Использование моделей различной сложности и точности, подлежащие различной математической обработке позволяет реализовать в частных задачах проектирование электрохимических систем различного назначения.

Секция «Эксплуатация и безопасность аэрокосмических систем и комплексов»

Оценка технологий производства диоксида титана с экологической точки зрения

Варданян Е.С., Кияшко В.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Булычев С.Н.
МАИ, каф. ПЭБП
vertall777@mail.ru

В данной работе проведён экологический анализ технологий производства диоксида титана(TiO_2) — амфотерного оксида четырёхвалентного титана. Основная область применения диоксида титана – это лакокрасочные материалы, косметические средства, производство пластика и пищевое производство (например, пищевая добавка Е171).

Есть две устоявшиеся технологии производства диоксида титана: сульфатная и хлорная. Первая, внедрённая ещё в 1936 г., предусматривает получение TiO_2из ильменитового концентрата, обрабатываемого серной кислотой; вторая технология, разработанная компанией “DuPont” в 1950 г., подразумевает получение конечного продукта из тетрахлорида титана. В последнее время разрабатывается технология получения диоксида титана из титаносодержащего кремниевого минерала — сфена.

Сульфатный способ имеет существенные недостатки — сложный многостадийный процесс, огромный расход серной кислоты, значительное количество которой расходуется на образование отходов — сульфата железа (3т семиводного продукта на 1т TiO_2), а также разбавленной 20—22%-й и загрязнённой примесями гидролизной серной кислоты.

Недостатки хлорного метода заключаются в том, что при таком способе очень сильно возрастает водопотребление и остается 300 кг соляной кислоты на 1т конечного продукта диоксида титана. Ещё один минус в том, что получаемый пигмент содержит адсорбированный хлор. Для того чтобы диоксид титана очистить от хлора, его надо прокалить до 900°С, однако это существенно увеличивает технологические затраты.

В последнее время разработана и опробована технология, предусматривающая получение диоксида титана из сфена.

В данной технологии твёрдую фазу суспензии отделяют от жидкой до наступления момента осаждения из неё соли титана. При этом в осадок выпадают сульфат кальция, кремнезем (SiO_2) и неразложившиеся минералы, а жидкая фаза представляет собой титансодержащий раствор, из которого выделяют титановую соль – $TiOSO_4$. Далее раствор подвергают термогидролизу и получают пигментный диоксид титана рутильной модификации.

В сравнении с хлорной и сульфатной, сфеновая технология имеет массу преимуществ. Во-первых, при обработке сфена серной кислотой, её затрачивается значительно меньше, в отличие от хлорного или сульфатного способов. Во-вторых,

технология позволяет снизить транспортные расходы, поскольку к месту производства может транспортироваться не сфен, а маточный раствор. В-третьих, твёрдая фаза, полученная во время разделения серно-сфеновой суспензии, подвергается отдельной сульфатной обработке, в результате чего получают пигментный накопитель. В-четвёртых, при относительно невысоких энергозатратах извлекается максимальное количество TiO_2. В-пятых, существенно снижен расход серной кислоты (до 0,5—1 т на 1 т диоксида титана) благодаря тому, что маточный раствор после выделения соли полностью возвращается на сульфатизацию.

Проведённый анализ технологий производства диоксида титана показал, что сфеновая технология имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами.

Исследование триботехнических отказов пар трения с твёрдосмазочными покрытиями, функционирующих в космическом пространстве

Винокуров Д.А.
Научный руководитель – проф., к.т.н. Хопин П.Н.
МАИ, каф. ТППДЛА
vinokurovdmitryy@yandex.ru

Твёрдосмазочные покрытия (ТСП) применяются в условиях высокого и сверхвысокого вакуума, радиации, теплового излучения, в узлах трения, работающих при экстремальных нагрузках, соизмеримых с пределами текучести металлов, при малых скоростях скольжения, недостаточных для образования смазочного гидродинамического клина при трении с использованием в качестве смазки минеральных и синтетических масел, а также в широком диапазоне рабочих температур, как отрицательных, так и положительных.

Следует отметить, что обеспечение нормальной работы пар трения в условиях вакуума является весьма актуальной задачей. Это относится, в первую очередь, к подбору смазочных материалов.

В условиях космического вакуума применяются ТСП, из которых широко используются ТСП на основе MoS_2 для шарнирных сопряжений и других механизмов. Их применение в точных приборах ограниченно в первую очередь из-за того, что толщина наносимого слоя относительно велика, тем самым значительно искажается характер сопряжения в паре. Кроме того, ТСП не восстанавливаемо, поэтому целесообразно его применение в парах с ограниченным ресурсом.

В эксплуатации космических механизмов функциональная надёжность имеет жизненно важное значение. Даже небольшая трибологическая неудача может привести к катастрофическим результатам в космическом корабле. При исследовании проблемы были рассмотрены аспекты реальных проблем, связанных с использованием твердых смазочных покрытий в механизме развёртывания космической антенны «Галилео» с высоким коэффициентом трения и сбои обратного клапана с ТСП космического корабля по материалам работы [K. Miyoshi, M. Iwaki, K. Gotoh, S. Obara, and K, Imagawa, Friction and wear properties of selected solid lubricating films, Part I: Bonded and magnetron-sputtered molybdenum disulfide and ion-plated silver films, NASA/TM-1999-20908/PART I, 1999].

Чтобы понять адгезию, трение, износ и ситуацию со смазкой в каждом случае исследования, был проанализирован характер проблемы, трибологические свойства и диапазон возможных решений.

Была рассмотрена проблема раскрывания рёбер антенны космического корабля «Галилео». Для того, чтобы найти причины застревания антенных рёбер, были проведены эксперименты на трение скольжения с использованием трибометра по схеме «штифт-диск» в вакуумных средах и в воздухе.

По результатам исследований были получены оценочные результаты эффективности сухой смазывающей плёнки на воздухе и в вакууме.

Обратный клапан космического корабля используется в системе орбитального маневрирования и в системе управления реакцией орбитального аппарата. Его функция –

позволить гелиевому вытеснителю течь вниз по течению, одновременно исключить течение вверх обратному потоку гелия, паров или жидкостей.

Для исследования сбоя обратного клапана были рассмотрены три материала: природный монокристаллический алмаз, синтетический монокристаллический алмаз и сапфировый штифт. По результатам исследований были получены оценочные результаты эффективности трибологических свойств контактных материалов.

Разработка испытательного стенда для исследования и отработки систем «антенна-обтекатель»

Панов В.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Заговорчев В.А.
МАИ, каф. 610
panov999@yandex.ru

Проектирование носовых обтекателей для ЛА относится к числу сложнейших электродинамических задач, так как эти обтекатели, являясь активным элементом в системе управления вооружением, в значительной степени определяют характеристики излучения антенны бортового радиолокационного прицельного комплекса. Но как показывает практика в большинстве случаев затруднительно оптимизировать систему "антенна-обтекатель" раздельным проектированием обтекателя и антенны. Только комплексный подход с учётом взаимного влияния этих элементов друг на друга позволяет решить проблему создания оптимальной по конструкции и радиотехнике системы "антенна-обтекатель". При этом на этапе экспериментальной отработки необходимо иметь выходную информацию в таком объёме и в такой форме, которые бы позвонили использовать её в целях совершенствования (оптимизации) исследуемой системы машинным методом. Выполнение этих задач невозможно без создания специального наземного измерительного комплекса.

Информационно-измерительный комплекс предназначен для определения радиотехнических характеристик остронаправленных антенн и обтекателей, а также для исследования и оптимизации систем "антенна-обтекатель", путем измерения характеристик распределения поля на плоскости в ближней зоне с последующим пересчётом измеренных значений поля в дальнюю зону. Измерение и пересчёт выполняются автоматически при помощи ПК.

В качестве средств измерений, входящих в состав информационно-измерительного комплекса, должен быть применён измерительный комплекс аппаратуры, позволяющий выполнять измерения характеристик амплитудно-фазового распределения поля в разрывах остронаправленных антенн и обработку результатов измерений с целью определения параметров поля излучения в дальней зоне.

Измерительный зонд представляет собой измерительную антенну, которая устанавливается на подвижной каретке электромеханического сканера. Для того, чтобы характеристики излучения измерительной антенны не влияли на результат восстановления диаграммы направленности исследуемой системы "антенна-обтекатель", измерительная антенна должна иметь диаграмму направленности элементарного диполя с коэффициентом усиления одинаковым по всем направлениям, что реализовать практически невозможно. Поэтому в качестве измерительной антенны может быть использована произвольная, но с известными и близкими к элементарному диполю характеристиками излучения, антенна.

При практической реализации амплифазометрического метода измерения систем "антенна-обтекатель" на плоскости необходимо учитывать два принципиальных обстоятельства: измерения производятся, во-первых, не на всей поверхности сканирования, а на ограниченном её участке - области сканирования, во вторых, не непрерывно по поверхности, а дискретно. Выбор размеров области сканирования и шага главным образом и определяет конструкцию и размеры сканера. Необходимо отметить, что погрешности, связанные с координатным устройством сканера и отклонением зонда

от плоскости сканирования могут быть определены в процессе отработки и учтены путём введения в программу расчёта характеристик исследуемой системы.

Для того, чтобы переотражения СВЧ энергии от элементов конструкции сканера не искажали амплитудно-фазовое распределение измеряемого поля, отражающие поверхности конструкции сканера должны быть оклеены радиопоглощающим материалом.

Оценка эффективности применения реактивного пенетратора для решения задач по исследованию подповерхностных слоёв планет и небесных тел

Заговорчев В.А., Пронина П.Ф., Садретдинова Э.Р.
Научный руководитель – д.т.н., проф. Родченко В.В.
МАИ, каф. 610
pronina-p19.94@yandex.ru

В настоящее время в области освоения дальнего космоса и развития космической техники вновь всё большее внимание уделяется изучению Луны - ближайшего источника внеземного вещества, полезных ископаемых, минералов, летучих соединений, воды. Предполагается, что её изучение начнется с применения автоматических аппаратов, с помощью которых можно будет выяснить состав и физико-химические свойства лунного реголита, внутреннее строение спутника, а также выбрать наиболее перспективный район для будущего развертывания Лунного полигона и Лунной базы. Для достижения этой актуальной задачи авторами рассматриваются вопросы оценки эффективности применения реактивных пенетраторов с целью доставки полезной нагрузки в заданную область грунтового пространства.

Для проведения анализа собрана и обработана информация по уже осуществлённым отечественным и зарубежным миссиям по изучению поверхности и структуры Луны, приведены основные полученные в ходе их реализации физико-механические свойства реголита, данные по вероятной глубине залегания, а так же гранулометрическому составу лунного грунта. Данный анализ позволяет оценить роль и место реактивного пенетратора в общей структуре методов и средств образования скважин в грунте. Таким образом, для обоснования выбора приемлемого варианта проникания необходимо провести сравнительную оценку эффективности расходования имеющейся энергии в процессе движения одинаковых по масса-габаритным характеристикам пенетраторам, использующие различные методы внедрения в грунт.

В процессе внедрения на аппарат действуют силы, такие как тяга двигательной установки, сила тяжести, силы Кориолиса, сопротивления грунта и другие, а также моменты этих сил. В основу работ заложена математическая модель пространственного движения реактивного пенетратора в лунном грунте. При этом характер движения определяется для случая внедрения пенетратора с работающей двигательной установкой с учётом наличия угла между вектором скорости и осью симметрии.

Для выбора критерия сравнительной оценки различных способов образования скважин, целесообразно выбрать процесс образования скважины, поскольку основная часть всей запасённой энергии идёт на её образование. Общая масса и полный запас энергии характеризуют пенетратор с энергетической точки зрения. Общая масса позволяет оценить его габариты и способность нести заданную полезную нагрузку, а полный запас энергии даёт возможность оценить потенциал движения пенетратора в реголите на требуемое расстояние. Для инерционного пенетратора запас энергии равен сумме накопленной к моменту входа в реголит кинетической энергии.

Предложенные критерии оценки эффективности, позволяют сравнивать пенетраторы различного типа, двигающихся в различных грунтах с различной скоростью входа. За основу этих критериев взята экономичность расходования имеющегося запаса

энергии в процессе проникания. Сравнительный анализ характера движения лунного пенетратора, снабженного твёрдотопливным ракетным двигателем, показывает его преимущество в сопоставлении с инерционным пенетратором. В частности большую часть пути реактивный пенетратор проходит с оптимальной скоростью.

Выбор земных грунтов-аналогов для экспериментальной отработки марсианского реактивного пенетратора

Заговорчев В.А., Родченко В.В., Садретдинова Э.Р.
МАИ, каф. 610
elnara-5@mail.ru

На сегодняшний день существует много проектов для исследования планеты Марс и её околопланетного пространства. Все эти проекты связаны с возможностью решения некоторых фундаментальных вопросов земного естествознания, с использованием Марса в будущей энергетике, а также с осуществлением марсианской экспедиции.

Для проведения работ, связанных с образованием скважин в марсианском грунте, возможно, использовать грунтовые реактивные аппараты - пенетраторы. Для экспериментальной отработки реактивных пенетраторов необходимо выбрать земные грунты-аналоги, как среду для движения пенетраторов. С этой целью были изучены физические и механические свойства марсианского грунта, лунного грунта и земных грунтов, и подобраны аналоги для проведения экспериментальных исследований.

Прежде чем начать выбор земных грунтов-аналогов для экспериментальной отработки марсианского реактивного пенетратора, необходимо изучить грунт как среду для движения реактивного пенетратора, дать общую характеристику марсианского грунта, изучить физико-механические свойства грунтов-аналогов, провести оценку параметров движения реактивных пенетраторов с помощью эмпирических зависимостей, провести моделирование процесса взаимодействия марсианского реактивного пенетратора с грунтом. В результате проделанных исследований получены грунты-аналоги близкие по составу марсианскому грунту, представляющие собой среду для движения реактивного пенетратора. Грунты-аналоги состоят из искусственного пылеватого песка, дроблённого базальта, андезито-базальтовый песка, глинистых материалов, керамзитобетона. Среди природных земных аналогов наиболее близкие физико-механические свойства имеет вулканический пылеватый песок базальтового состава.

При экспериментальных исследованиях реактивные пенетраторы запускаются в модельные грунты, представляющие собой специально приготовленную среду. Запуски пенетраторов в модельный грунт проводятся с целью подтверждения теоретических зависимостей внешней баллистики и определения значений опытных коэффициентов пенетраторов различной конфигурации. В МАИ проводились бросковые испытания по моделированию внедрения марсианских реактивных пенетраторов в модельные грунты. Для испытаний было сделано два модельных грунта (модельный грунт номер 1 и модельный грунт номер 2), имитирующих марсианский грунт, на основе земных грунтов-аналогов. Всего было проведено четыре бросковых испытания: три в модельный грунт номер 1 и одно в модельный грунт номер 2. Все полученные экспериментальные данные обработаны и представлены графически. Исследования проводились на строгой научной основе движения реактивных аппаратов в грунте. Полученные в результате исследований расчётные и экспериментальные значения дали хорошую сходимость результатов. Результаты эксперимента не противоречат расчётным данным.

Использование сжиженного природного газа в качестве компонента ракетного топлива разгонного блока

Карпов С.В., Катков В.А.
МАИ, каф. 610
goalfish@yandex.ru

В настоящее время для довыведения полезной нагрузки на высокие орбиты разрабатываются разгонные блоки, использующие криогенные компоненты топлива: жидкий водород и жидкий кислород. Преимущества такого подбора компонентов неоспоримы, однако имеются и недостатки: малая плотность горючего (отсюда – большие объёмы баков), его высокая взрывопожароопасность, крайне низкие температуры хранения, малый температурный диапазон горючего, высокая его стоимость, отсутствие на данный момент промышленного производства жидкого водорода.

Альтернативой жидкому водороду как горючему является сжиженный природный газ. Этот перспективный компонент ракетного топлива также является криогенным. Обладая более низкими характеристиками, он удобнее в эксплуатации за счёт более высоких температур, менее взрывопожароопасен, значительно дешевле в производстве и эксплуатации. Большим преимуществом сжиженного природного газа является возможность использования наземной инфраструктуры, предназначенной для хранения жидкого водорода, его транспортирования и заправки им баков потребителя.

В данной работе было проведено исследование возможностей разгонного блока на паре компонентов «кислород – сжиженный природный газ» и целесообразности их разработки. Прототипом являлся кислород-водородный разгонный блок. Результаты исследования показали:

- общая компоновка разгонного блока не изменится, крупные изменения коснутся лишь бака горючего и двигательной установки;
- наземная инфраструктура, предназначенная для транспортирования, хранения и заправки жидким водородом, подходит и для сжиженного природного газа и потребует минимума доработок;
- геометрические размеры разгонного блока относительно прототипа уменьшились, однако возросла масса;
- энергетические показатели разрабатываемого разгонного блока оказались ниже, чем у прототипа; при равных энергетических характеристиках масса разгонного блока значительно выше, чем у прототипа;
- стоимость запуска разгонного блока с учётом его производства снизилась по сравнению с прототипом.

Таким образом, разгонный блок со сжиженным природным газом в качестве горючего не может выполнять те же задачи, что и «водородный» прототип, однако может использоваться при необходимости недорогого вывода группы малых спутников.

Особенности подготовки криогенных компонентов на стартовых комплексах

Катков В.А.
МАИ, каф. 610
kff@mail.ru

В настоящее время криогенные жидкости (КЖ) нашли широкое применение в ракетно-космической технике как в качестве компонентов топлива (жидкие водород, кислород и сжиженный природный газ), так и в качестве источников газа (азот). Проблемы их использования связаны с чрезвычайно низкой температурой кипения (ниже 120°К). Эта особенность КЖ обуславливает тот факт, что теплоприток к ним всегда направлен извне и задачей эксплуатантов является необходимость каким-либо образом его парировать. В противном случае, КЖ будет нагреваться за счёт подвода тепла и при достижении температуры насыщенного пара – кипеть и испаряться.

Одним из способов борьбы с этим явлением является организация мощной теплозащиты, что не всегда возможно для космических ЛА по конструктивно-

компоновочным и массово-габаритным соображениям. Другим способом является переохлаждение (иногда используется термин «захолаживание») КЖ до температуры существенно ниже температуры кипения (т.н. «недогретый» компонент).

Современная криогенная техника предлагает широкий выбор способов охлаждения веществ до сверхнизких температур, но на практике в ракетно-космической технике нашли применение следующие основные способы:

1. Охлаждение вакуумированием парового пространства вакуум-насосом;

Охлаждение вакуумированием парового пространства эжектором;
Охлаждение барботажем (по замкнутому и разомкнутому циклам);
Охлаждение с помощью холодильной газовой машины;
Охлаждение в ванне-охладителе, вакуумированой собственным компонентом;
Охлаждение в теплообменнике с использованием стороннего хладагента.

Каждый из этих способов отличается своими достоинствами и недостатками, что затрудняет выбор конкретного технического решения при создании перспективных систем заправки. Поэтому становиться актуальной задача многокритериальной оптимизации систем переохлаждения КЖ.

Представляется важным рассмотрение таких вопросов как выбор собственно конкретного способа захолаживания, так и времени и места его проведения (на борту ЛА или в наземной ёмкости). Основной целью является обеспечение такого состояния КЖ на борту ЛА в момент отрыва от пускового устройства, которое обеспечит выполнение полётного задания. Критериями оптимизации являются также такие параметры, как время подготовки КЖ, энергозатраты на её проведение, стоимость процесса и его простота и надёжность. Дополнительные трудности при оценке этих факторов создает большой разброс масс заправляемых КЖ (до десятков тонн для разгонных блоков и сотен тонн для ракет носителей).

Использование галогенных ламп для моделирования тепловых нагрузок на поверхность космического аппарата

Палешкин А.В., Сыздыков Ш.О.
МАИ, каф. 610
legalize1991@mail.ru

Широкое применение в экспериментальной технике при проведении тепловых испытаний различных конструкций нашли применение кварцевые галогенные лампы накаливания (ГЛН). Они интересны высокими значениями светоотдачи и габаритной яркости, что является, следствием продолжительной эксплуатации лампы при высоком уровне температуры спирали до 3200К.

В результате анализа ГЛН, представленных в настоящее время на рынке, возникает вопрос о возможности использования их в качестве источников излучения в составе имитаторов расчётных внешних тепловых нагрузок на поверхность космического аппарата (КА) при проведении различных тепловых экспериментов. Такого рода расчётные тепловые нагрузки воспроизводятся, почти всегда, с помощью лучистых источников. Наиболее популярными являются токопроводящие углеродосодержащие ленты, иногда заключённые в отражатели, которые позволяют повысить долю энергии излучения, направляемой в сторону испытываемого объекта. Такие имитаторы широко применяют в крупных тепловакуумных установках, несмотря на существенный их недостаток, заключающийся в том, что излучающие ленты при нагреве из-за испарения с их поверхности углерода могут становиться причиной загрязнения зеркальных и оптических элементов оборудования экспериментальной установки и элементов испытуемого объекта. В связи с этим пристального внимания заслуживают трубчатые галогенные лампы накаливания. Они удобны в эксплуатации, сравнительно легко компонующиеся в конструкцию имитатора и к тому же не вызывающие загрязнения элементов испытуемого объекта и оборудования экспериментальной установки.

Так как основная часть энергии электромагнитного излучения Солнца, непосредственно влияющая на тепловой режим КА, заключена в интервале [0.3;3]мкм

точное моделирование потока солнечного излучения практически невозможно. Поэтому актуальным является вопрос о допустимой погрешности воспроизведения спектрального состава солнечного излучения. Причем в ряде случаев важным является не абсолютная, а относительная погрешность величины поглощательной способности покрытия по отношению к падающему солнечному излучению (As). Это связано с тем, что у ряда используемых в космической технике материалов и покрытий величина As может быть небольшой, поэтому для таких материалов и покрытий значение |As| на уровне 0,05 может означать появление больших погрешностей в величине ΔAs.

В связи с этим возникает необходимость в разработке рекомендаций по использованию ГЛН в качестве модулей имитаторов в экспериментальных установках, а также в решении задачи формирования управляющих воздействий на излучающие модули на основе ГЛН при моделировании внешних тепловых нагрузок на поверхность КА с неоднородными радиационными характеристиками покрытий её тепловоспринимающих элементов.

Исследование и реализация хранения, версирования и развёртывания ПО на стенде интеграции МИГ-29

Парфёнова А.А., Пичужкин П.В.
Научный руководитель – доцент Коробовский А.В.
МАИ, каф. 610
angelikamai66@gmail.com

При испытании и непосредственной эксплуатации бортового оборудования летательных аппаратов используются разнообразные стенды и имитаторы условий полёта. Так, на АО «РСК «МиГ» в отделе 8127-3 используется стенд интеграции поставочный (СИП) МиГ-29UPG.

Каждая бортовая система имеет своё программное обеспечение (ПО), либо программу-имитатор, которая полностью копирует логику и взаимодействие с другими авиационными системами. И при испытаниях, как и при непосредственной эксплуатации крайне важно соблюдать актуальность версий ПО бортовых систем и обеспечивать взаимодействие их разработчиков.

При огромном количестве различных бортовых систем и специалистов, которые за них отвечают, крайне трудно отследить, чтобы на испытательном стенде стояла последняя рабочая и проверенная версия ПО. Поэтому широко применяются специальные программы, занимающиеся версированием и развёртыванием ПО на комплекте систем стенда.

В работе сделана выборка самых используемых на РСК «МиГ» и оптимальных для решения задач (версирования, хранения и развёртки ПО) программных сред. Были рассмотрены такие среды, как Team Foundation Server, Team City, Git и SVN. Некоторые из них не могут комплексно решить поставленные задачи, то есть часть из них занимаются только версированием ПО, часть только развёрткой. Однако основным минусом каждой из них являлась платная лицензия. А так как перед отделом стояла необходимость создать или поставить такую систему, которая максимально бы удовлетворяла требованиям заказчика, а также не требовала больших финансовых вложений.

Поэтому в отделе была предпринята попытка создать идеальное рабочее место оператора СИП МиГ-29UPG, использующее программу собственной разработки.

В работе пойдёт речь об этом рабочем месте, также о разработке основных принципов хранения, версирования и развёртывания ПО на СИП, разработаны правила администрирования групп операторов, использующих данную программную среду. А также о взаимосвязи разработчиков бортовых систем между собой, администрировании и эксплуатации нашей разработки.

Разработка комплексной модели состояния рабочей жидкости гидравлической системы летательного аппарата

Попельнюк И.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Гареев А.М.
СамУ, каф. ЭАТ
osni204@yandex.ru

По сложившейся на сегодняшний день практике на аэродромах и предприятиях состояние рабочей жидкости (РЖ) гидравлической системы (ГС) оценивают, ориентируясь на содержание в ней механических примесей (чистоту) и показатель вязкости, т.к. известно, что именно эти параметры оказывают наиболее сильное деструктивное влияние на её структуру и свойства. Однако при таком подходе возникают значительные погрешности, и резко повышается вероятность пропуска дефекта (допуск для дальнейшей эксплуатации РЖ, с неудовлетворительным состоянием). Особенно это характерно для ГС, эксплуатация которых предусматривает очистку РЖ (например, в рамках ресурсных испытаний гидравлических агрегатов на заводах), после которой при нормальных показателях загрязненности и вязкости возможно ухудшение её химических, физических и температурных свойств. Использование такой «формально годной» РЖ негативно сказывается на состоянии оборудования (т.е. снижается работоспособность ГС), а изменение температурных свойств РЖ при неблагоприятном стечении внешних факторов может вызвать катастрофу (горение, застывание, закипание) и полный отказ ГС. Стоит отметить, что комплексная оценка всех основных параметров РЖ является весьма дорогостоящим, а самое главное трудоёмким и долгим процессом. При этом перед предприятиями авиационной промышленности стоит задача повышения экономической эффективности эксплуатации объектов авиационной техники, в том числе за счёт сокращения времени на техническое обслуживание и ремонт, а также повышения уровня безопасности полётов. В связи с этим предлагается разработать новый метод оценки состояния РЖ, базирующейся на сочетании комплексной математической модели, охватывающей все компоненты её состояния и современных средств контроля и диагностики.

Состояние любой системы определяется как минимальное количество информации, требующееся для описания поведения системы в любой момент времени. Если начиная с этого момента известны величины входных воздействий, а также известны законы функционирования системы, то можно полностью описать её поведение в любой будущий момент времени.

В общем случае уравнение состояния РЖ в любой момент времени в векторно-матричной форме складывается из суммы многокомпонентного вектора состояния системы, вектора, описывающего входное управляющее воздействие, и вектора, описывающего влияния среды на РЖ.

На предыдущем этапе работы, на основании результатов, полученных при исследовании корреляции параметров РЖ и построения соответствующей графо-аналитической модели, стало возможным определить компоненты вектора состояния системы, а именно концентрация механических примесей, вязкость, плотность, антиокислительные свойства, противоизносные свойства, температурные свойства. Дальнейшая работа заключается в определении закона движения и последовательности входных воздействий на рабочую жидкость, после чего возможно будет вычислить её состояние в любой момент времени. Т.е. получить математическое представление идеального (первоначального) состояния РЖ и его изменения, сравнивая которые можно сделать вывод о динамике изменения параметров РЖ, а значит и её состоянии в целом.

Контроль элементов конструкции самолёта рентгеноскопическим методом

Поспелов А.А., Смольянинов А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Крылов А.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 71
pospelov97@mail.ru

Объектами радиационного (рентгеноскопического) контроля могут быть детали, узлы, агрегаты, приборы, изготовленные из различных материалов и любой сложной формы. К возможным направлениям повышения эффективности проведения рентгеноскопического контроля можно отнести:

– уменьшение количества пробных снимков;

– формирование схемы просвечивания конкретного элемента конструкции воздушного судна (ВС);

– создание технологических карт с указанием параметров рентгеноскопической установки и другие направления.

Применительно к деталям авторами предлагается использовать методику рентгеноскопического контроля, с использованием установки «Норка», которая включает три основных этапа:

1. Подготовка прибора к работе:

– требования характеризующие установку «Норка»;

– подготовка элемента конструкции, подлежащая исследованию;

– ограничения согласно цели исследований;

2. Методика рентгеноскопического контроля сотовых конструкций ВС:

2.1 Подготовка и настройка параметров установки «Норка»:

– подготовка проверяемого объекта и настраивание установки;

– выбор схемы просвечивания;

– определение параметров анодного тока и напряжения;

– определение фокусного расстояния от излучателя до объекта контроля;

– определение влияния угла отклонения излучателя относительно объекта контроля на качество снимка.

2.2 Модель оценки качества снимка:

– формирование базы снимков, которая учитывает параметры анодного тока, фокусного расстояния от излучателя до объекта контроля;

– расшифровка рентгенографических снимков;

– экспертная оценка базы снимков и дисперсионный анализ экспериментальных данных;

– рекомендации по настройке параметров установки;

3. Формирование рекомендаций по выполнению неразрушающего (рентгеноскопического) контроля деталей ВС.

Таким образом, в рамках тезиса рассмотрены:

– пути повышение эффективности проведения рентгеноскопического контроля элементов конструкции;

– возможность сочетать обнаружения микронеоднородностей с детальным анализом;

– такой способ контроля позволяет получить информацию о свойствах дефекта;

– раскрыта методика рентгеноскопического контроля деталей.

Метод позволяет получать изображения просвеченных объектов на экране рентгеноскопической системы в реальном масштабе времени.

Экология космоса

Сенив Д.Д.
Научный руководитель – доцент, к.и.н. Шлыкова Л.А.
МАИ, каф. 002
sdd089@mail.ru

Поле деятельности человека с каждым годом становится все шире. Запуск первых искусственных спутников Земли в конце 50-х гг. XX в. и дальнейшее освоение космоса открыли новые горизонты для изучения и покорения ещё неизведанных внеземных территорий. Тогда же возникла, вначале теоретическая, проблема засорения околоземного космического пространства так называемым космическим мусором. Более серьёзно об этой проблеме в мире задумались уже после доклада о воздействии космической деятельности на окружающую среду. В нём был вывод о том, что данная проблема носит глобальный характер и космический мусор уже даёт о себе знать.

На нашей родной планете Земля есть ряд нерешённых вопросов, связанных с экологией, но к сожалению, теперь они имеются и на земной орбите. Поиск решения земных проблем в определённый момент привел к тому, что было предложено отправлять в космос радиоактивные и токсичные отходы, что может породить новые проблемы, но еще более глобального масштаба как в космосе, так и на Земле, в некоторых случаях, разрушение озонового слоя. Появление человека в космосе способствовало возникновению проблем схожим с земными. Сегодня по разным оценкам в регионе низких околоземных орбит, вплоть до высот около 2000 км находится до 5000 тонн объектов, которые не функциональны или являются всевозможным мусором. Загрязнение космического пространства пока ещё не является острой проблемой. Казалось бы, просторы космоса так велики и необъятны, но вероятность повреждений, столкновений с действующими космическими кораблями, спутниками весьма велика.

В самом космосе, иногда и без «помощи» человека, появляется космический мусор, так, например, в 2009 году произошло столкновение российского и американского спутников, что повлекло за собой образование многочисленных обломков. Некоторые обломки или недействующие объекты остаются на своей орбите и не представляют собой большой угрозы, но были случаи, когда они сходили с орбиты, или теряли скорость и падали на Землю. Небольшие крупинки такого мусора нередко оставляют на иллюминаторах сколы или глубокие царапины, что может повлиять на герметичность внутри.

Для решения проблем экологии ближнего космоса важно всем миром искать решение. Оно уже ищется по целому ряду предлагаемых направлений: экологический мониторинг, каталог объектов космического мусора и др. Высказываются такие предложения: выведение всего мусора на некую орбиту, переработка (самое рациональное решение, с точки зрения экономии материалов), уничтожение лазером и пр. Выработка эффективных мер по уменьшению появления техногенного засорения космоса жизненно необходима в целях будущего освоения космического пространства и здоровья нашей родной планеты.

Исследование моделирования внешних тепловых нагрузок с помощью различных средств имитации при тепловакуумной отработке космических аппаратов

Черданцева Е.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Палешкин А.В.
МАИ, каф. 610
Ched2012@icloud.com

В настоящее время при тепловой отработке космических аппаратов стоит множество различных задач, которые необходимо решать на разных стадиях жизненного цикла изделия. Для того, чтобы добиться максимально полной имитации плотности, спектра и степени параллельности электромагнитного Солнечного излучения

используются имитаторы, главными элементами которых являются источники излучения и спрямляющая система, необходимая для достижения параллельного потока с малорасходящимися лучами и включающую в себя преломляющие, отражающие и поглощающие оптические элементы. При этом появилось достаточно большое количество схем имитаторов. Их можно разделить на три вида: осевые, неосевые и схемы с внутрикамерным размещением источников излучения. Из отмеченных схем широкое применение получила Кассегреновская система, воплощённая на ряде имитаторов солнечного излучения, как в США (тепловакуумная камера в лаборатории реактивного движения NASA) так и в России (ВК 600/300). Также известен положительный опыт реализации имитаторов в неосевом исполнении Европейского центра космических исследований и технологий в Голландии, а также новая камера ГВУ-600, созданная в ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва. Однако существует прямая, и весьма сильная, зависимость между точностью воспроизведения внешних воздействующих факторов и стоимостью разработки, изготовления и эксплуатации имитаторов. К тому же, упомянутые выше экспериментальные установки являются достаточно большими, и использование их в полной мере для тепловакуумной отработки малых космических аппаратов не всегда является целесообразным.

Поэтому в связи с необходимостью оптимизации затрат на экспериментальные исследования для разработчиков космической техники актуальной является задача максимально полного использования собственной экспериментальной базы. Так как в последние годы большое внимание уделяется не только тепловакуумным и вакуумно-температурным испытаниям, но и комплексным электрическим испытаниям штатных изделий (должен поддерживаться тепловой режим всей аппаратуры и приборов испытуемого объекта без участия штатных средств обеспечения теплового режима). Большое значение приобретают приближённые методы моделирования внешнего теплообмена, когда расчётные тепловые нагрузки от Солнца и от планет, а также тепловые потоки для низколетящих космических аппаратов можно воспроизводить с помощью различных упрощённых излучающих систем, выполненных по модульному принципу.

Направление «Новые материалы и производственные технологии в области авиационной и ракетно-космической техники»

Секция «Материаловедение и технологии металлических материалов»

Исследование формирования кристаллографической текстуры в прессованных трубах из сплава МА14, полученных методами гранульной металлургии

Авдюхина А.А., Воскресенская И.И., Петров А.А.
МАИ, Москва

В материаловедении магниевых сплавов проблема снижения интенсивности текстуры и соответственно анизотропии занимает существенное место и решается в основном за счет легирования РЗМ и литием. Одним из эффективных способов повышения прочностных свойств магниевых сплавов является использование высоких скоростей охлаждения при кристаллизации, в частности, гранульной металлургии для получения заготовок для последующей обработки давлением. Известно, что для магниевых сплавов измельчение зерна снижает активность двойникования и тем самым оказывает больший эффект на деформационное поведение сплавов по сравнению с другими металлами, для которых роль двойникования менее существенна, чем для магния. В работе исследовали влияние гранульной технологии на формирование кристаллографической текстуры в процессе экструзии труб из сплава МА14 с целью выявления технологических возможностей снижения анизотропии прессованных профилей на базе существующих промышленных сплавов магния. В работе использовали деформируемый магниевый сплав МА14 (Mg-5,97 Zn-0,62 Zr**)**. Расплав распыляли центробежным методом в среде жидкого азота (скорость охлаждения 10^3-10^4). Компактирование магниевых гранул производили методом горячего формования в контейнере Ø280 мм на прессе усилием 120 мН. Компактированные заготовки прошивали пробойником диаметром 50 мм и получали прессованные трубы Ø105 мм и толщиной стенки 5 мм. Такая деформация трубы соответствовала коэффициенту вытяжки 37,95 или истинной деформации 3,64. При этом отношение деформации по толщине стенки к деформации по диаметру соответствовало 6,3, т.е. обжатие по толщине стенки значительно превышало обжатие по диаметру, что нашло отражение в текстуре. Исследование текстуры труб показало, что они характеризуются расположением полюсов призмы в осевом направлении, что соответствовало текстуре прессованных прутков. Однако в отличие от текстуры прутков в текстуре трубы отсутствовала аксиальная симметрия, поскольку деформация сжатием по толщине стенки была значительно больше и в результате формировалась базисная текстура аналогичная текстуре магниевых листов. Обнаружено также, что базисная текстура значительно более выражена с внешней стороны трубы по сравнению с внутренней стороной, что является следствием неравномерности деформации по толщине стенки, когда ее внешняя сторона деформируется от 280 до 105 мм, а внутренняя от 105 до 50.

Исследование свойств композиционного алюминиевого сплава, полученного модифицированием нанопорошковыми лигатурами Si_3N_4, AlN, SiC

Агафонова В.О., Иванова А.Н., Иванова Е.В.
Научный руководитель – ст. преподаватель Кириллова А.В.
Самарский университет, каф. 47
lalalalyby@gmail.com

Широкое применение в наше время получили дисперсно-упрочненные композиционные материалы на основе алюминия. В качестве дисперсных частиц в нашей

работе применяли нитрид кремния Si_3N_4, нитрид алюминия AlN и карбид кремния SiC с размером частиц порядка 150 нанометров.

Такие композиционные материалы изготавливаются методом модифицирования. Режимы модифицирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы модифицирования сплавов

№ образца	Основа	Лигатура	Температура модифицирования, ℃
1	А7	Cu+2,5%Si_3N_4	850
2	А7	Ni+5%AlN	850
3	А7	Al+2,5%SiC	850

Слитки, полученные в результате модифицирования, подвергались микроисследованию, исследованию на твердость, испытанию на растяжение. Результаты замеров твердости образцов на приборе Роквелла по шкале В представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытания на твердость

№ замера	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	15	15	16	16	20	20	20	22	22	17
2	19	22	13	15	15	15	18	19	16	21
3	22	39	39	28	41	36	38	43	35	35

Полученные в ходе механических испытаний на растяжение характеристики прочности и пластичности свидетельствуют о значительном упрочнении сплава.

Применение таких дисперсно-упрочненных композиционных материалов позволяет существенно снизить массу деталей и повысить их жесткость. Также подобные материалы отличаются высокими механическими свойствами, технологичностью в изготовлении деталей различного назначения.

Исследование механоактивации порошков сплавов нисил и нихросил

Агапова А.В., Толстова Л.В.
Научный руководитель – асс. Кузина А.А.
Самарский университет, каф. ТМАМ
an.agapova.95@mail.ru, lyba9191@bk.ru

Эффект механоактивации выявлен довольно давно. Как известно, под механической активацией обычно понимают обработку порошкообразных шихт или пульп в энергонагруженных аппаратах, сопровождающуюся изменением энергии кристаллической решетки отдельных компонентов шихт, которое может быть связано с образованием различных дефектов структуры, растворов внедрения различных компонентов шихты или новых поверхностей раздела. Особенность этого метода заключается в том, что с его помощью легко достигается предельная степень измельчения кристаллитов. Варьируя режимы и среду механоактивации, можно изменять характеристики материалов, получать новые материалы и фазы. Механическая активация порошковых композиций позволяет не только производить их измельчение и активацию, но в некоторых случаях осуществлять и механический синтез.

В данной работе исследовались порошки сплавов нисил и нихросил следующих составов: 95,1%Ni-0,02%Cr-4,4%Si-0,15%Fe-0,05%C-0,1%Mg и 84%Ni-14%Cr-1,4%Si-0,15%Fe-0,05%C-0,01%Mg. Для приготовления порошков указанных выше составов применялась механоактивация исходных порошков: карбонильного никеля со средним размером частиц 10…25 мкм, хрома со средним размером частиц 15…30 мкм, кремния со средним размером частиц 25…90 мкм, карбонильного железа со средним размером частиц 2…5 мкм, графита со средним размером частиц 35…100 мкм и магния со средним размером частиц 60…130 мкм. Механическое смешивание – активация проводилось в центробежной планетарной мельнице «Пульверизетте-5» в течение 5 и 15 минут со скоростью 300 об./мин. В качестве мелющих тел использовались твердосплавные шары диаметром 10 мм. Соотношение массы шаров к массе порошковой смеси 4:1.

В процессе механоактивации исходных порошков наблюдается изменение дисперсности и гранулометрического состава частиц. Так, с увеличением времени механоактивации насыпная масса и средний размер порошковых частиц уменьшаются. Все полученные порошковые смеси не сыпучи. После 5 минут обработки исходных порошков в планетарной мельнице частицы имеют в основном осколочную форму, однако незначительное количество частиц имеют иррегулярные очертания; после механоактивации в течение 15 минут частицы порошков приобретают в основном близкую к сферической форму, однако незначительное количество частиц имеют осколочную форму. Также в процессе механической активации металлических порошков с измельчением частиц происходит деформация кристаллической решетки металла, что приводит к возникновению пространственной и энергетической неоднородности поверхности, а это влияет на увеличение дефектности и энергонасыщенности за счет пластического деформирования и дробления. Накопленная во время механоактивации порошковыми частицами энергия выделяется в процессе получения на основе порошка материала путем сплавления, спекания и др., оказывая существенное влияние на свойства конечного продукта.

Исследование компактируемости и спекаемости порошков сплавов нисил и нихросил

Агапова А.В., Толстова Л.В.
Научный руководитель – асс. Кузина А.А.
Самарский университет, каф. ТМАМ
lyba9191@bk.ru, an.agapova.95@mail.ru

Большое количество измерений на промышленных предприятиях составляют процессы измерения и регулирования температуры рабочей среды, а также основных узлов технологических агрегатов. Измерение температур с помощью термопар получило широкое распространение из-за надежной конструкции датчика, возможности работать в широком диапазоне температур, простоте, удобству монтажа и возможности измерения локальной температуры. Однако постоянно возрастают требования к точности измерений и регулированию температуры, так как точность регулирования температуры технических процессов влияет на рентабельность производства и качество конечного продукта, что касается многих производств и продуктов: от автомобильных бензинов, металлического литья, учета тепла на станциях теплоснабжения и т.д. Точное знание температуры определяет степень безопасности многих технологических процессов.

Целью данной работы было исследование прессуемости и спекаемости порошков сплавов нисил и нихросил составов: 95,1%Ni-0,02%Cr-4,4%Si-0,15%Fe-0,05%C-0,1%Mg и 84%Ni-14%Cr-1,4%Si-0,15%Fe-0,05%C-0,01%Mg.

Как известно, получение изделий классическими методами порошковой металлургии, без учета вспомогательных производственных операций, состоит из таких основных этапов, как получение порошков, формование из них изделий и последующее их спекание.

В данной работе исследовались прессуемость механоактивированных порошков сплавов нисил и нихросил, а затем спекание полученных прессовок. Прессование указанных выше порошков проводилось в цилиндрической пресс-форме диаметром 20 мм на гидравлическом прессе ПСУ-125 с давлением 750…850 МПа. Получены прессовки цилиндрической формы массой до 15 грамм, с пористостью 12…28%. Ввиду малых размеров компактов потерями на внешнее трение и сверхдавление пренебрегали. Согласно полученным данным, из исследуемых порошков лучше прессуется порошок 95,1%Ni-0,02%Cr-4,4%Si-0,15%Fe-0,05%C-0,1%Mg, полученный механоактивацией в течение 15 минут в центробежной планетарной мельнице «Пульверизетте-5»; хуже прессуется порошок 84%Ni-14%Cr-1,4%Si-0,15%Fe-0,05%C-0,01%Mg, полученный механоактивацией в течение 5 минут. Таким образом, для улучшения прессуемости порошков системы Ni-Cr-Si-Fe-C-Mg механоактивацию в центробежной планетарной мельнице целесообразно проводить в течение 15 минут. Спекание полученных прессовок

проводилось при температуре 1200ºС в вакуумной печи в течение 3 часов. Длительность выдержки существенно влияет на свойства сплавов, поскольку определяет гомогенность и плотность заготовок. В структурах спеченных образцов практически отсутствуют поры. Усадка спеченных образцов составила ~ 3…5%.

Влияние микродобавок нанооксидов на свойства порошковых алюмокомпозитов

Агуреев Л.Е., Иванов Б.С., Лаптев И.Н.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Костиков В.И.
ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», отдел нанотехнологий,
НИТУ «МИСиС», каф. ПМиФП
trynano@gmail.com

Материалы на основе алюминиевых сплавов обладают высокой прочностью и низкой массой, что является основными причинами их широкого применения в авиации и космонавтике. Тем не менее, существуют различные пути для повышения жаростойкости и удельной прочности алюминиевых композитов. Одним из таких направлений является комплексное модифицирование алюминия добавлением наночастиц тугоплавких соединений и различных металлов, образующих с алюминием прочные интерметаллиды.

В работе были получены экспериментальные зависимости предела прочности образцов алюмокомпозитов при поперечном изгибе и условного предела текучести от типа и концентрации вводимой в порошковую шихту нанодисперсной добавки. В результате исследования влияния концентрации наночастиц (Al_2O_3, ZrO_2), например, на алюмокомпозит с добавкой 1% масс. магния, оказалось, что наивысшие значения он приобретает при добавке 0,05% об. наночастиц.

Предел прочности на изгиб алюмокомпозитов, легированных медью или магнием, с добавками оксидных наночастиц (Al_2O_3, ZrO_2, MgO, SiO_2) находится в интервале 129 – 383 МПа, что является высоким показателем в сравнении, например, с традиционно применяющимся в технике сплавом алюминия с добавками меди АК4-1 или 1141 (378 МПа, пруток). Максимальное значение отмечено у материала Al+1Cu+0,05ZrO_2. Композиты с магнием имели в среднем меньшую прочность на изгиб, чем композиты с медью, что связано с упрочняющим воздействием меди на алюминий при образовании внутри зёрен матрицы θ′-фазы $CuAl_2$, что было показано в предыдущих исследованиях [1-3].

Условный предел текучести алюмокомпозитов, легированных медью или магнием, с добавками оксидных наночастиц (Al_2O_3, ZrO_2, MgO, SiO_2) находится в интервале 71-256 МПа. Предел прочности на растяжение алюмокомпозитов, легированных медью в концентрации от 1 до 4 масс. %, составил 70 – 86 МПа. При модифицировании наночастицами Al_2O_3 в количестве 0,05 % об. этот показатель возрос в среднем на 30%. Предел прочности на сжатие цилиндрических образцов алюмокомпозитов составил для немодифицированных наночастицами – 150 МПа (Al+1Mg и Al+1Cu), а для модифицированных 0,05% об. наночастиц (Al_2O_3, ZrO_2 или MgO) – 200 МПа.

Список литературы

1. Lurie S. The Application of the multiscale models for description of the dispersed composites/ S. Lurie, P. Belov, N. Tuchkova // Int. Journal "Computational Materials Science" A.- 2004- №36(2). - P.145-152.

2. Агуреев Л.Е., Костиков В.И., Еремеева Ж.В., Бармин А.А., Ризаханов Р.Н., Иванов Б.С., Ашмарин А.А., Лаптев И.Н., Рудштейн Р.И. Порошковые алюмокомпозиты системы Al – Cu с микродобавками оксидных наночастиц.// Перспективные материалы. 2016, №5. – С.18-24.

3. Чернышова Т.А., Калашников И.Е., Самохин А.В., Алексеев Н.В., Болотова Л.К., Кобелева Л.И. Исследование модифицирующего влияния добавок нанопорошков, полученных плазмохимическим синтезом, на структуру литых алюмоматричных КМ// Российские нанотехнологии. 2009. Т. 4. № 7-8. – С. 147-152.

Изучение физико-механических свойств композиционного материала Al_2O_3 – Al.

Аккужин Н.Д., Петухова О.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Иванов Д.А.
МАИ, каф. МиТОМ
petukhova_olya45@mail.ru

В настоящее время усилия многих исследователей направлены на разработку технологии композиционных материалов с высокими показателями весовой эффективности (удельной прочности и удельной жесткости). Такие материалы сочетают невысокую плотность (менее 3,0 г/см^3) и повышенные физико-механические свойства (прочность, трещиностойкость, ударную вязкость, сопротивление усталостному разрушению).

Указанные свойства могут быть реализованы в композиционном материале Al_2O_3 – Al со слоистой структурой, который получали прессованием порошка из чешуйчатых алюминиевых частиц субмикронной толщины с поверхностными алюмооксидными пленками и последующем спеканием сырых заготовок на воздухе или в вакууме.

Повышенные физико-механические свойства полученного композита (плотность – не более 2,6 г/см^3, прочность при изгибе – 550 – 600 МПа, ударная вязкость – не менее ~ 10^5 Дж/м^2) достигаются благодаря его слоистой структуре, обеспечивающей значительное сопротивление инициированию и развитию трещины при статическом и ударном приложении нагрузки.

Вид поверхности излома образца после испытания на маятниковом копре свидетельствует о высокой энергоемкости процесса разрушения (энергия трещины затрачивается на сдвиги и излом индивидуальных слоев, вырыв слоистых пакетов, пластическую деформацию слоев).

Перспективы развития данной технологии связаны с армированием данного композита высокомодульными волокнами.

Установлено, что спекание материала в вакууме происходит с участием жидкой фазы, что обеспечивает прочное сращивание алюминиевых частиц в его структуре. Методом дифференциального термического анализа показано, что температура начала образования жидкой фазы составляет 630^{0}С, что связано, по-видимому, с появлением незначительного количества расплава эвтектического состава алюминий - карбид алюминия.

Рентгенофазовый анализ спеченного материала показывает, что основной фазой является алюминий, также зафиксировано содержание гамма и тетта фазы оксида алюминия. Кроме того, в дифракционном спектре имеются линии, соответствующие карбиду алюминия. Локальный рентгеноспектральный анализ подтверждает присутствие алюминия, углерода и кислорода по их характеристическим излучениям.

Также установлено, что лучшие показатели физико-механических свойств достигаются при спекании материала в температурном интервале 630 - 650 ^{0}С при изотермической выдержке 10 - 120 минут.

Технология соединения металлических листовых деталей и профилей пластическим деформированием без применения вспомогательных элементов

Алешин М.А.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Шпунькин Н.Ф.
Московский политехнический институт, каф. ОМДАТ
rgzrgz0@yandex.ru

Конструкции из штампованных листовых деталей широко применяются в авиационной и ракетно-космической технике, автомобильной промышленности, судостроении, отраслях, связанных с добычей и переработкой полезных ископаемых, при производстве изделий бытовой техники и т. д. В этой связи особую важность приобретают методы соединения листовых деталей и профилей при создании из них пространственных

конструкций. До недавнего времени основными видами неразъемных соединений в таких конструкциях были сварные и заклепочные соединения, а в качестве разъемных наибольшее распространение получили резьбовые соединения с применением вспомогательных крепежных элементов (болтов, винтов, шпилек, гаек и т. п.). В последнее время всё большее применение стали находить технологии, основанные на совместном пластическом деформировании соединяемых листовых деталей с образованием геометрического и силового замыкания. При таком соединении отпадает необходимость применения вспомогательных крепежных элементов (заклепок, винтов и т. п.) и, следовательно, выполнения отверстий под эти элементы. Существенно снижается трудоемкость выполнения соединения, обеспечивается его герметичность. Упрочнение, происходящее при холодной пластической деформации соединяемых листов или профилей, дополнительно увеличивает прочность соединения. При соединении тонколистовых деталей можно создавать при сборке не только двухслойные, но и многослойные конструкции, а также соединять листы с покрытиями или с нанесенными на них промежуточными слоями пленки или клея. Возможно также соединение деталей из разнородных металлов и сплавов. Отсутствие нагрева в зоне соединения не приводит к изменению структуры соединяемых материалов (как это происходит, например, при сварке) и возможному снижению их прочности. По сравнению со сварными соединениями листовых деталей подобное соединение хорошо противостоит динамическим нагрузкам и вибрациям. По производительности этот вид соединения сопоставим с наиболее производительным видом сварки – контактной точечной, однако обладает рядом преимуществ, к которым относятся экологическая чистота, снижение расхода электроэнергии, отсутствие искр, шума и отходов, характерных для точечной сварки.

Процесс соединения начинается с предварительного поджатия соединяемых деталей между матрицей и прижимом, после чего под воздействием пуансона материал деталей затекает в матрицу и формируется углубление с плоским дном. При дальнейшей деформации донная часть углубления сжимается между пуансоном и опорой матрицы, металл деталей растекается в радиальном направлении, раздвигая подвижные секции матрицы. При этом в нижней части углубления образуется замыкающая головка, конфигурация которой обеспечивает надежное соединение листовых деталей.

В работе проведено компьютерное моделирование процесса соединения для различных толщин и марок листовых материалов. Варьировались также геометрические параметры технологического инструмента (диаметры, радиусы скруглений и др.). Полученные результаты позволили дать рекомендации по оптимизации процесса.

Качество поверхности листов из углеродистых сталей после лазерной резки

Алявдина Е.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Тихонова И.В.
ТулГУ, каф. ФММ
elizaweta.romanova-liz94@yandex.ru

В современном мире лазерная резка (ЛР) является наиболее эффективным методом обработки листового металла, позволяющим получать отменное качество обработки и высокую производительность процесса.

Преимуществ у этого метода масса: самая маленькая ширина реза, которая может достигать не более 0,1 мм, высокая производительность, прекрасное качество поверхности, отсутствие динамических или статических напряжений, воздействующих на металл, благодаря четко направленному световому потоку лазера в зону резания.

Несмотря на большое число теоретических и экспериментальных исследований, в настоящее время отсутствует полная и взаимосвязанная картина образования реза, а условия получения качественного реза не сформулированы.

Целью настоящей работы, явилось исследование влияния содержания углерода на показатели качества поверхности реза, а также микроструктуру зоны термического влияния (ЗТВ) листов из углеродистых сталей после ЛР.

В качестве материала для исследования были выбраны горячедеформированные листы из стали марок 35, 40, 45 и У8А толщиной 6 - 10 мм, из которых с применением лазерной резки по различным режимам вырезали для исследования образцы.

В работе, была использована комплексная методика исследования образцов после ЛР, в качестве показателей качества использовали отсутствие грата, шероховатость поверхности реза, протяженность ЗТВ и угол отклонения от перпендикулярности поверхности реза.

Макрофрактографический анализ поверхности реза на образцах из стали марок 35, 40, 45, У8А подтвердил отсутствие грата после использования режимов лазерной резки. На поверхности обнаружены 2 зоны с визуально разной шероховатостью, образованные в результате плавления и выдувания газом. В зависимости от режима ЛР ширина характерных зон различна.

В разных зонах поверхности реза многократно измерена шероховатость поверхности реза (ГОСТ 2789-73). Статистическая обработка по F- критерию свидетельствует о равноточности измерений шероховатости в обнаруженных зонах. Статическая обработка по t- критерию показала, что значимого различия шероховатости в зонах плавления и выдувания газом во всех исследованных образцах не наблюдается. В изученных сталях изменение содержания углерода практически не влияет на шероховатость поверхности реза.

Для определения протяженности зоны термического влияния (ЗТВ) измерения микротвердости проводили от поверхности реза вглубь образцов. Характер изменения микротвердости у всех образцов аналогичен, самые высокие значения определены около поверхности реза, затем постепенно HV снижается до достижения значения, характерного для исходного состояния. За протяженность ЗТВ принимали зону с измененной микротвердостью по сравнению с микротвердостью основной структуры. С увеличением скорости резки протяженность ЗТВ со стороны образца, прилегающего к зоне плавления металла, увеличивается. В изученных сталях изменение содержания углерода практически не влияет на протяженность ЗТВ.

Исследована микроструктура зоны термического влияния образцов после лазерной резки по различным режимам. Вблизи поверхности во всех образцах был обнаружен так называемый белый слой. В микроструктуре наблюдается несколько зон с характерным строением. Переход от одной зоны к другой сопровождается закономерным уменьшением микротвердости. Обсуждено влияние содержания углерода в стали на особенности строения зоны термического влияния.

Электрофизические характеристики покрытий, формируемых методом микродугового оксидирования

Аникин К.А., Мелихов В.В., Федичкин И.Д.
Научные руководители – доцент, д.т.н. Эпельфельд А.В., с.н.с., к.т.н. Герасимов М.В.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
oliono1391@gmail.com

Микродуговое оксидирование (МДО) сплавов на основе Al, Ti, Mg, Zr и других вентильных металлов относится к плазменно-электролитическим способам модифицирования поверхности. МДО позволяет формировать оксикерамические диэлектрические покрытия, электрофизические характеристики которых зависят от обрабатываемого сплава, состава электролита и параметров электрического режима обработки. Так, МДО-покрытие толщиной 100 мкм, сформированное на алюминиевом сплаве АЛ2 в силикатно-щелочном электролите при анодно-катодном режиме, имеет следующие электрофизические характеристики: электрическая прочность – 22 В/мкм; удельное электрическое сопротивление – $8{,}2 \cdot 10^{11}$ Ом·м; относительная диэлектрическая проницаемость – 9,4; тангенс диэлектрических потерь на частоте 1000 Гц – $1{,}12 \cdot 10^{-3}$. Приведенные выше характеристики позволяют использовать такие покрытия, например, в качестве диэлектриков электролитических конденсаторов [1].

В других случаях, наоборот, необходимо получать МДО-покрытия с относительно низкими электроизоляционными характеристиками, используемые, например, при изготовлении малорастворимых титановых электродов для электрохимического синтеза различных соединений или в химическом катализе.

С этой целью в работе исследовалось влияние добавок сульфатов кобальта, никеля и железа в базовый силикатно-щелочной электролит (4,5 г/л жидкого стекла + 3 г/л гидроксида калия) на электрическую прочность покрытий. Предполагалось, что образующиеся в результате термолиза в микродуговом разряде оксиды этих переходных металлов, инкорпорированные в состав покрытий, могут обеспечить снижение их диэлектрических свойств. МДО-покрытия на образцах из титана марки ВТ1-0 формировали в анодно-катодном режиме, после чего измеряли их толщину и пробойное напряжение на постоянном и переменном токах. По полученным данным рассчитывали электрическую прочность МДО-покрытий на постоянном ($E_{=}$) и переменном ($E_{\sim}$) токах. Для базового электролита эти показатели составляли $E_{=}$ = 6 В/мкм и $E_{\sim}$ = 2 В/мкм.

В результате проведенных исследований было установлено, что введение в базовый электролит 1 г/л сульфата кобальта $CoSO_4$ примерно в два раза снижает электрическую прочность МДО-покрытий ($E_{=}$ = 2,8 В/мкм; $E_{\sim}$ = 1,03 В/мкм), а увеличение содержания этой добавки до 3–5 г/л приводит к росту электрической прочности ($E_{=}$ = 4,4–4,9 В/мкм; $E_{\sim}$ = 1,44–1,93 В/мкм), но не до уровня базового электролита. При введении в базовый электролит 1–5 г/л сульфата никеля наблюдается кратное повышение электрической прочности сформированных покрытий (до $E_{=}$ = 42 В/мкм и $E_{\sim}$ = 10 В/мкм для 3 г/л $NiSO_4$). Наименьшей электрической прочностью обладают МДО-покрытия, сформированные в базовом электролите с добавкой 3 г/л сульфата железа $FeSO_4$ ($E_{=}$ = 2,2 В/мкм и $E_{\sim}$ = 0,5 В/мкм).

Таким образом, для формирования МДО-покрытий с низкими электроизоляционными характеристиками можно рекомендовать силикатно-щелочной электролит с добавкой 3 г/л сульфата железа или 1 г/л сульфата кобальта.

Литература

1. Суминов И.В., Белкин П.Н., Эпельфельд А.В., Людин В.Б., Крит Б.Л., Борисов А.М. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов. В 2-х томах. Том II. – М.: Техносфера, 2011. – 512 с.

Сочетание операций листовой штамповки – одно из направлений заготовительно-штамповочного производства в авиастроении

Бабиев Ю.А., Ильин Е.В., Косолапова А.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н., Беляева И.А.
Самарский университет, каф.ОМД
nastas941104@mail.ru

В самолетостроении имеется определенная номенклатура деталей, изготовление которых требует выполнения нескольких операций. Они выполняются на разном оборудовании и с использованием нескольких комплектов оснастки.

Например, для получении полых деталей с помощью операции «вытяжка», потребуется операция «обрезка припуска», для получения ребер жесткости на боковой поверхности цилиндрического корпуса, дополнительным будет процесс «формовка», а получение детали «хомут» требует осуществления двух процессов «гибка» и т.д.

В докладе приводятся технологические схемы комбинированных операций, сочетающих воздействие на заготовку двумя источниками нагружения: статическим и динамическим (импульсным магнитным полем).

Применение таких комбинированных технологий позволит за один ход пресса осуществить две операции. Это стало возможным благодаря встроенным в инструментальные штампы индукторам, соединенным с магнитно – импульсной установкой. Преимуществами этого динамического метода нагружения являются: бесконтактное воздействие и микро или миллисекундный диапазон приложения нагрузки.

Приведенные технологические схемы опробованы в лабораторных условиях. Разработано ТЗ на проектирование производственных штампов. Для компьютерного моделирования статико-динамических процессов штамповки использованы программные продукты AutoForm, Nastran, LS-Dyna.

Разрабатываемые в Самарском национальном исследовательском университете гибридные и комбинированные технологии обладают следующими, общими для всех, преимуществами:

– повышение качества готовой продукции за счет использования динамического нагружения (высокоскоростного деформирования);

– повышение предельных возможностей ряда гибридных и комбинированных технологий как результат изменения условий деформирования, напряженно-деформированного состояния материала в очаге деформации;

– увеличение производительности труда в результате совмещения операций;

– уменьшение количества переходов и упрощение конструкции и металлоёмкости штамповой оснастки, за счет применения дополнительных неподвижных конструктивных элементов индукторов.

Некоторые из технологических схем разработаны впервые и защищены патентами России, демонстрировались на международных выставках в Москве, Брюсселе, Женеве, где удостоены золотых медалей и дипломов.

Зависимость цвета зерен в поляризованном свете от их кристаллографической ориентации в алюминиевом сплаве АД1

Бараев Д.И., Чаплыгин К.К.
Научный руководитель – доцент, к.т.н., Воронин С.В.
Самарский университет, каф. ТМиАМ
chapkostya96@mail.ru

При обработке изделий из металлических материалов важной проблемой является анизотропия их механических свойств. Для обработки материалов, имеющих одинаковый химический состав, но различную степень текстурованности, требуются разные технологические параметры процесса. На анизотропию свойств материала влияет его степень текстуры, которая зависит от преобладающего объема зерен, имеющих одинаковую кристаллографическую ориентацию.

На сегодняшний день известно достаточно много методов определения текстурованности. К ним относятся такие методы, как фотографические рентгеновские методы, ионизационные методы, определение ориентации при помощи фигур травления, магнитный текстурный анализ, метод дифракции отраженных электронов (EBSD), а также методы сканирующей микроскопии.

Известно, что в поляризованном свете зерна алюминиевых сплавов приобретают различные цвета, в зависимости от толщины оксидной пленки. Толщина оксидной пленки зависит от кристаллографической ориентации отдельных зерен т.к. по различным направлениям пленка образуется с разной скоростью.

Целью данной работы является выявление зависимости между цветом зерна и его кристаллографической ориентации в алюминиевом сплаве АД1.

Для решения поставленной задачи предварительно шлифованный образец сплава полировался методом электролитического травления. Полировка осуществлялась в растворе электролита, состоящего из 40%-ой плавиковой кислоты, борной кислоты и дистиллированной воды, при силе тока 1,9 А, напряжении 105 В, в течении 2 минут. Далее образец, находясь на открытом воздухе, покрывался оксидной пленкой. В процессе исследования на металлографическом микроскопе, с использованием поляризатора и анализатора, при данных режимах травления были выявлены три преобладающих цвета зерен: синий, желтый и бледно-оранжевый. Далее на образце с помощью сканирующего нанотвердомера «СуперНаноскан-3D» методом склерометрии маркировался участок, на котором для каждого зерна определялся модуль упругости.

Было установлено, что для синих зерен модуль упругости варьировался от 46 до 55 ГПа. Для желтых зерен модуль упругости составлял от 69 до 78 ГПа. Зависимость модуля упругости от кристаллографической ориентации для монокристаллов приводится в работах П.Г. Микляева и Я.Б. Фридмана. При сопоставлении литературных данных и данных, полученных в процессе эксперимента, было установлено, что синие зерна имеют кристаллографическое направление [100], а желтые [111].

Так же было установлено, что для бледно-оранжевых зерен модуль упругости находится в диапазоне от 55 до 64 ГПа. Предположительно, их кристаллографическое направление является промежуточным между синими и желтыми зернами.

Следует отметить, что для каждого цвета имеется значительный разброс по значениям модуля упругости. Это связано с различной кристаллографической ориентацией. Повысить точность определения кристаллографической ориентации отдельных зерен возможно за счет получения более разнообразной интерференционной картины, получить которую возможно при других режимах травления.

Влияние фракционного состава быстрозакаленных порошков жаропрочных никелевых сплавов на микроструктуру компактных заготовок

Басков Ф.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Серов М.М
МАИ, каф. ТиСАПР МП
didi-fedya3@rambler.ru

В настоящее время остро стоит проблема разработки новых конструкционных изделий, которые будут соответствовать целям построения современных авиационных систем. Эти изделия должны отвечать комплексу механических свойств и эксплуатационных характеристик. Традиционными металлургическими методами затруднительно повышать эксплуатационные свойства новых высокоэффективных материалов, так как легирование практически исчерпало себя.

Одним из наиболее перспективных направлений современной порошковой металлургии является использование порошков и гранул, полученных центробежным распылением вращающейся заготовки. Данным способ представляет собой метод получения порошков (гранул) со скоростью охлаждения ($10^3 \div 10^4$) К/с с дальнейшей консолидацией гранул. При плазменном распылении вращающегося электрода капли расплава затвердевают в свободном полете в среде инертного газа и имеют почти идеальную сферическую форму. Компактирование гранул, полученных скоростной кристаллизацией, производят в газостатах при температуре, близкой к температуре плавления.

Переход от традиционной металлургии слитков к гранульной металлургии позволил, во-первых, минимизировать влияние дефектов литой структуры на механические и технологические свойства сложнолегированных сплавов и, во-вторых, дал возможность использовать специфические преимущества порошковой металлургии, например, возможность изготовления из порошков деталей почти готовой формы (нетто-деталей).

Скорость распыления и размер гранул в большей или в меньшей степени зависит от таких параметров как: частота вращения заготовки; удельная мощность нагрева торца заготовки; диаметр распыляемого электрода; соотношение содержания гелия и аргона в плазмообразующем газе. Уменьшение фракционного состава гранул позволяет добиться более однородной засыпки гранул в капсулы, что обеспечивает заданную геометрию получаемой заготовки.

Уменьшение размера гранул позволяет еще сильнее уменьшить влияние химических неоднородностей в объеме компактной заготовки за счет их диспергирования, что снижает их негативное влияние. Также использование более мелких гранул приводит к дополнительному уменьшению всех структурных элементов (размер зерна, карбидные фазы, γ'- фаза). Комплекс описанных выше изменений способствует существенному повышению прочностных свойств.

Таким образом, методы металлургии гранул позволяют существенно расширить границы применения, казалось уже исчерпавших себя, жаропрочных никелевых сплавов без существенного удорожания технологии производства.

Анализ аддитивных технологий для получения полуфабрикатов из металлических материалов[1]

Бачеева А.В., Гвоздева О.Н., Герман М.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Скворцова С.В.
МАИ, каф. МиТОМ
ange.bacheeva@gmail.com

В настоящее время аддитивные технологии являются быстро развивающимся и перспективным направлением в порошковой металлургии. При помощи 3D-прототипирования возможно получение полуфабрикатов и изделий из различных металлических материалов. В работе был проведен анализ современных аддитивных технологий. В настоящее время их используют в различных отраслях промышленности, включая авиацию, машиностроение и энергетику для производства компонентов двигателей, газовых турбин, топливных систем и облегченных элементов различных конструкций.

В рамках исследования были изучены образцы, изготовленные при помощи аддитивных технологий из титанового сплава Ti-6Al-4V. Для изготовления образцов использовался порошок размером 15-30 мкм фирмы Dentaurum. Данные образцы были получены по технологии послойного селективного лазерного плавления на 3D принтере Concept Laser M2 Cusing.

3D принтер Concept Laser M2 Cusing обладает следующими характеристиками:

- Рабочая зона: 250 x 250 x 280 мм (x, y, z);
- Толщина слоя построения: 20…80 мкм;
- Скорость построения: 2…20 $см^3$/ч;
- Система лазеров: волоконный лазер 400 Вт;
- Скорость сканирования: 7 м/с (4,5 м/с при переменной фокусировки);
- Диаметр пятна в фокусе: 50 мкм (переменная фокусировка 50…5000 мкм).

Данный 3D принтер использует технологию селективного лазерного плавления LaserCusing®. Принцип работы данной системы заключается в выборочном плавлении тонкого слоя металлического порошка лучом лазера в соответствии с геометрией сечения детали, соответствующей каждому слою порошка. Все параметры технологического процесса, включая энергию лазера и температуру пятна плавления, уровень избыточного кислорода в камере построения, качество металлического порошка, контролируются специализированными программно-аппаратными модулями системы в реальном времени.

Перспективность аддитивного производства заключается в том, что оно является практически безотходным и позволяет получать полуфабрикаты и изделия высокого качества и с определенным набором механических свойств. Наряду с достоинствами, у 3D-прототипирования есть ряд недостатков, свойственных порошковой металлургии, как пример – возможная неоднородность химического состава порошка.

При помощи металлографического анализа была изучена структура образцов, полученных по 3D технологии LaserCusing®. Структура образцов представлена мартенситом α'. Образование мартенсита обусловлено высокой скоростью отвода тепла от зоны спекания гранул. То, что структура в основном представлена мартенситом свидетельствует и тот факт, что после проведения рентгено-структурного анализа на дифрактограммах не обнаружено отражений от β-фазы.

Твердость образцов колеблется от 35 до 38 ед. HRC. Это, возможно, связано с разными условиями охлаждения слоев в процессе «выращивания» образцов. Плотность

[1] Работа выполнена с использованием оборудования ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно-космические материалы и технологии

образцов в исходном состоянии, составила 4,18-4,2 г/см^3, что практически не отличается от плотности образцов, полученных по промышленной технологии.

Исследование трибологических свойств двухфазных титановых сплавов, после электролитно–плазменного насыщения азотом

Белкин В.С., Силкин С.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Крит Б. Л.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
dfcz_001@mail.ru

В опубликованных ранее исследованиях было установлено, что диффузионное насыщение азотом или углеродом титановых сплавов, методами электролитно–плазменной обработки существенно улучшает их трибологические характеристики. Модифицированный слой , состоящий из оксидного слоя и твердого раствора диффундирующего элемента в титане, улучшает прирабатываемость и позволяет снизить массовый износ.

В данной работе проведены дальнейшие исследования трибологических свойств двухфазных титановых сплавов, насыщаемых азотом, с использованием схемы «шарик-по-плоскости». Воспроизводимые результаты получены при испытаниях азотированных образцов с механически удаленным оксидным слоем. Согласно полученным результатам анодное насыщение двухфазного титанового сплава приводит к существенному снижению интенсивности его изнашивания в изученных условиях. Пористый оксидный слой может удерживать смазку и обеспечивать локализацию пластической деформации в тонком поверхностном слое. Однако применяемая методика исследования износа не дает приемлемой воспроизводимости экспериментальных результатов. Этот факт можно объяснить неконтролируемым ростом оксидного слоя, который может отслаиваться после быстрого охлаждения в электролите. По этой причине экспериментальные результаты искажаются.

Для улучшения воспроизводимости экспериментальных данных рыхлая часть оксидного слоя удалялась механически абразивной бумагой с размером зерен 3 мкм. Измерения потери массы азотированного образца (850 °C, 5 мин) показали, что воспроизводимость составила ±0.01 mg (или 10%) для сухого трения по шарику Al_2O_3 (нагрузка 5 Н, скорость скольжения 0.4 м/с). Установлено, что коэффициент трения контрольного образца был равен 0,6–0,8 с некоторой тенденцией к уменьшению при росте скорости скольжения. Коэффициент трения азотированных образцов без оксидного слоя, как правило, оказался выше, чем у необработанных образцов. Увеличение скорости скольжения способствовало уменьшению длины начального участка, на котором происходит прирабатывание и стабилизация коэффициента трения.

Измерения профиля дорожек трения показали, что азотирование титановых образцов с удаленным частично оксидным слоем повышает сопротивление износу при всех вариантах обработки. Глубина дорожек трения азотированных образцов изменяется от 3 до 30 мкм при различных скоростях скольжения, что меньше, чем у контрольных образцов, от 40 до 80 мкм. Ширина дорожек трения азотированных образцов и амплитуда выступов также, как правило, меньше, чем у контрольных.

Особенностью изучаемой пары трения является максимальные значения глубины и ширины дорожки трения при скорости скольжения 0,1 м/с. На фотографиях дорожек трения азотированных образцов при скорости 0,05 м/с наблюдаются явные следы абразивного износа, где царапины ориентированы в направлении скольжения. При скорости 0.1 м/с следы абразивного износа менее выражены, но появляются заметные участки адгезионного износа. Дальнейшее увеличение скорости скольжения способствует полированию поверхности и сопровождается выглаживанием профиля дорожек трения.

Предположительно, при повышении скорости скольжения более 0,1 м/с наступает образование защитных оксидных пленок вследствие повышения температуры поверхности в месте контакта, которые препятствуют адгезионному схватыванию и участвуют в полировке поверхности.

Исследование процесса коробления плоских коленчатых валов при накатывании их галтелей

Бережнов В.И., Мирзахамдамов О.М.
Научный руководитель – профессор, д.т.н Емельянов В.Н.
НовГУ, каф. ТМ
slava53v@yandex.ru

Наиболее радикальным средством повышения сопротивления усталости коленчатых валов (КВ) является накатывание их галтелей. Однако оно сопровождается короблением КВ, которое выражается в увеличении биения коренных шеек КВ. Причем величина коробления в некоторых случаях достигает 0,2–0,6 мм и более, что недопустимо, так как допускаемая величина биения коренных шеек КВ находится обычно в пределах 0,02 – 0,06 мм. На кафедре технологии машиностроения НовГУ разработаны основные положения теории коробления КВ при упрочнении их галтелей поверхностным пластическим деформированием (ППД). Однако процесс коробления КВ при упрочнении их галтелей ППД, в частности, при накатывании галтелей, изучен в недостаточной мере.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование процесса коробления плоских КВ с двумя шатунными шейками при накатывании их галтелей, а также проверка адекватности ранее предложенных математических моделей реальному процессу коробления КВ при накатывании их галтелей.

Эксперименты проводились с плоскими КВ с двумя диаметрально расположенными шатунными шейками при накатывании их галтелей. Материал коленчатого вала – сталь 45, твердость после отжига НВ=180-228, Размеры КВ: длина – 254мм, диаметры шеек – 38мм, радиус кривошипа – 37,5мм, толщина щек – 27мм.

На специальной установке были накатаны галтели у 117 КВ. Накатывание производилось роликами с режимом: сила накатывания – 1800 Н, частота вращении КВ – 106 об/мин, время накатывания – 50 сек. По результатам измерений была построена практическая кривая распределения величины коробления КВ, которая соответствовала теоретической кривой Релея. По характеру измерения величина коробления КВ в каждом данном сечении является существенно положительной случайной величиной, имеющей как радиус-вектор двухмерное рассеивание. Рассеяние существенно положительной величины – коробления КВ по закону Релея свидетельствует о нормальном стабильном ходе технологической операции накатывания галтелей коленчатого вала. Следовательно, процессу накатывания галтелей КВ неизбежно сопутствует процесс коробления КВ. Поле рассеяния составило 4 мкм, среднее арифметическое значение величины коробления КВ составило 0,055 мм. Величина расхождения между расчетными и фактическими величинами коробления составляет в среднем, до 14%, что является удовлетворительным.

Допуск на биение коренных шеек КВ по чертежу составляет 0,02мм. Так как величина коробления КВ превышает допуск, после операции накатывания необходимо ввести операцию правки КВ. Правка осуществлялась с помощью нанесения локальных пластических отпечатков на щеку КВ (чеканки щеки). Выяснилось, что для достижения требуемой геометрической формы КВ достаточно нанести три пластических отпечатка на щеку КВ.

Применение спектроскопии комбинационного рассеяния света для изучения состава защитных покрытий на магниевых сплавах

Блохина А.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Крит Б.Л., к.т.н. Староверов Ю.С.
НТИМИ
anna.v.blokhina@gmail.com

В последнее время магниевые сплавы широко используются в различных областях науки и техники вследствие уникального сочетания низкого удельного веса и высоких прочностных характеристик. Данные сплавы являются важным конструкционным материалом в авиационной и автомобильной промышленности, в виду малого удельного

веса магния. Однако, для них характерны высокая коррозионная активность и низкая износостойкость, что существенно уменьшает область практического применения материалов на основе магния. Поэтому важной научно-практической задачей является изучение электрохимического поведения таких гетерогенных систем, как магниевые сплавы в коррозионно-активных средах, с целью разработки методов защиты их от коррозии. Улучшения коррозионных и механических характеристик изделий из магниевых сплавов можно добиться формированием на их поверхности защитных покрытий, том числе и методом микродугового оксидирования (МДО).

Цель данной работы – исследование структуры поверхности покрытий, полученных методом микродугового оксидирования на магниевом сплаве Mg + 5Li + 3AL + 2Zn + Re с использованием спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС).

Выбор темы обусловлен необходимостью разработки новых методов для определения фазового состава, различных примесей и др. в материалах с МДО-покрытием. Это имеет особое значение для практического применения магниевых сплавов в различных областях промышленности.

Для проведения исследований использовались цилиндрические образцы из магниевого сплава Mg + 5Li + 3AL + 2Zn + Re. Образцы подвергались МДО-обработке в электролите, содержащем СКОН = 2 г/л; СЖС = 6 мл/л, в анодно-катодном режиме и плотности тока i = 12 А/дм^2. Исследовались образцы с МДО-покрытием, полученном при различной длительности обработки (5, 10, 15 и 30 мин) и образец без покрытия. Состав покрытия был изучен с использованием спектроскопии комбинационного рассеяния света. Данные были получены на спектрометре HoribaJobinYvon T64000. Построение, обработка и анализ спектров проводились в программе Origin 9.1.

На основе анализа полученных КРС-спектров были сделаны следующие выводы: определена фаза MgO на частоте 1120 см$^{-1}$; обнаружена флуоресценция при возбуждении длиной волны 488 нм, которая может быть вызвана большим количеством примесей; погрешность частотных характеристик объясняется различной длительностью МДО обработки, составом электролита и другими факторами. Выявлено, что с помощью метода КРС-спектроскопии можно производить высококачественный контроль состава покрытия.

Работ в сфере исследований магния и его оксидов, а так же МДО- покрытий на его поверхности крайне мало. Сделанные в данной работе выводы требуют дальнейших исследований. Спектроскопия КРС магниевых сплавов, в том числе и с МДО-покрытием, является перспективным методом и, в будущем, позволит точно определять фазовый состав и структуру магниевых сплавов.

Влияние старения и объемной доли Ti_2Ni на температуры мартенситного превращения в никелиде титана*

Борисов А.А., Виноградов Р.Е., Запалова А.В.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Гусев Д.Е.
МАИ, каф. МиТОМ
anutkalask1994@mail.ru

Сплавы на основе никелида титана обладают эффектом запоминания формы (ЭЗФ). Для получения требуемых характеристик ЭЗФ и температур мартенситного превращения нужно учитывать содержание никеля в сплаве, количество фазы Ti_2Ni и режим применяемой термической обработки. В работе исследовано влияние старения, при котором происходит распад пересыщенного твердого раствора с образованием частиц интерметаллидов, богатых никелем. Изменение температуры старения вызывает изменение химического состава B2-фазы.

Исследования проводили на проволоке (Ø 2,25 мм) с одинаковым содержанием никеля (55,7 масс. %), но разной объемной долей фазы Ti_2Ni (в сплаве 1 она составляла 11±2 %, а в сплаве 2 - 20±3 %) после предварительной закалки от 800 °С. После закалки

* Исследования выполнены использованием оборудования ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно-космические материалы и технологии» МАИ.

матрица сплавов представлена B2-фазой, с частицами интерметаллида Ti_2Ni. Температуры конца обратного мартенситного превращения в сплаве 1 и сплаве 2 составляли -12 и -30 °С соответственно.

После старения при 450 °С в течение 1 часа с температура конца обратного мартенситного превращения A_K для сплава 1достигает значения +26 °С, но при этом структура существенно не изменяется, частиц богатых никелем с помощью просвечивающей электронной микроскопии обнаружено не было. В сплаве 2, из-за большей объемной доли фазы Ti_2Ni, B2-матрица обогащена никелем по сравнению со сплавом 1. Поэтому после старения в нем выделяются частицы Ti_3Ni_4 и R-фаза. Старение приводит к повышению температуры конца обратного мартенситного превращения до +22°С. Изменение структуры сплавов в результате старения при 450 °С (1 час) приводит не только к росту температур мартенситного превращения, но и изменяет механизмы его реализации. Если в закаленном состоянии превращение было одностадийным (B2↔B19′), то в состаренном состоянии оно становится двух-стадийным (B2↔R↔B19′).

С повышением температуры старения до 550 °С (1час) в сплаве 1 частицы Ti_3Ni_4 по-прежнему не образуются. В сплаве 2 частицы Ti_3Ni_4 успевают выделиться, но их объемная доля меньше, чем после старении от 450°С (1 час). Поэтому температура мартенситного превращения ниже: +3°С для первого сплава -8 °С для второго.

При ступенчатом старении сплава 2, проведенному по режиму 450 °С (1 час) + 550 °С (1 час), были получены результаты, схожие с результатами, полученными при однократном старении при 550 °С (1 час_.

В сплаве 1 при аналогичном режиме старения на первой ступени старения при 450 °С (1 час) происходит перераспределение концентрации никеля по объему B2-зерен и образование зон Гинье-Престона. На второй ступени старения нагрев до 550 °С способствует зарождению дисперсных частиц Ti_3Ni_4. При этом температура обратного мартенситного превращения составляет +5 °С.

Ступенчатое старение сплава 2 по режиму 550°С (1 час) + 450°С (1 час) приводит к формированию структуры, где присутствуют крупные частицы Ti_3Ni_4. После второй ступени старения образуются мелкие когерентные частицы, а мартенситное превращение становится двухстадийным, и его температура A_K возрастает до +37 °С.

Структура сплава 1 после аналогичной термической обработки содержит только крупные частицы Ti_3Ni_4. После второй ступени произошло увеличение температуры конца мартенситного превращения до +48 °С, обусловленное выделением частиц Ti_3Ni_4.

Проведенные исследования показывают, что при выборе режимов термической обработки сплавов на основе никелида титана необходимо учитывать количество интерметаллидной фазы Ti_2Ni, всегда присутствующей в структуре сплава. Объемная доля этой фазы и суммарное содержание никеля в сплаве оказывают влияние на интервал температур, в которых протекает прямое и обратное мартенситное превращение, а также изменяет механизмы его реализации.

Влияние режимов старения на механическое поведение сплавов на основе никелида титана*

Борисов А.А., Запалова А.В.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Гусев Д.Е.
МАИ, каф. МиТОМ
wypukborisov@gmail.com

Сплавы на основе никелида титана, обладающие эффектом запоминания формы (ЭЗФ), характеризуются сильной зависимостью функциональных свойств от химического состава и структуры. Чаще других видов термической обработки, позволяющих влиять на структуру и механические свойства сплавов на основе никелида титана, применяют

* Исследования выполнены использованием оборудования ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно-космические материалы и технологии» МАИ.

старение. Изменение температуры старения влияет на изменение химического состава B2-фазы из-за изменения объемной доли интерметаллида Ti_3Ni_4.

Для исследования механического поведения проволочные образцы (∅2,25 мм) двух сплавов с одинаковым содержанием никеля (55,7 масс.%), но разной объемной долей фазы Ti_2Ni (в сплаве 1 составляла 11±2 %, а в сплаве 2 - 20±3 %), с предварительной закалкой от 800 °C подвергали старению. С целью изучения механического поведения образцы испытывали на трехточечный изгиб при температуре 21±1 °C. Длина рабочей части образцов составляла 25 мм. Нагружение образцов осуществляли до деформации, приблизительно равной 6%. Механическое поведение образцов обоих сплавов при испытании на изгиб существенно изменялось в зависимости от режимов старения. В первую очередь термическая обработка влияла на величину напряжений, при которых в B2-матрице развивалось мартенситное превращение.

После закалки образцы слава 1 и сплава 2 проявляли сверхупругие свойства и характеризовались высоким уровнем напряжений необходимых для деформации сплава, так величина $\sigma_{0,2}$ составляла 900 и 1200 МПа, соответственно. Величина $\sigma_{0,2}$ в этом материале обычно связана не со скольжением, а с развитием в сплаве мартенситного превращения под напряжением. После разгрузки образцы сохраняли невосстановленную деформацию ~0,5%, что свидетельствовало о развитии процессов скольжения. Старение сплавов при 550 °C (1 час) привело к снижению напряжений $\sigma_{0,2}$ до 900 МПа, что обусловлено ростом температур мартенситного превращения. Несмотря на это снижение, величина невосстановленной деформации после разгрузки образцов увеличилась приблизительно в 2 раза. При этом величина невосстановленной деформации образцов сплава 1 была в два раза больше, чем у образцов сплава 2.

После старения при 450 °C (1 час) значения $\sigma_{0,2}$ в сплаве составили 500 МПа, сплав 1 становился пластичным и при температуре испытаний накапливал остаточную деформацию, которая при последующем нагреве полностью восстанавливалась. Выделение в результате старения при 450 °C дисперсных частиц Ti_3Ni_4 приводит к возникновению на межфазной границе полей упругих напряжений, которые стимулируют (B2→R) -фазовое превращение, по этой причине наблюдали снижение модуля упругости.

Сплав 2, напротив, проявлял сверхупругие свойства, но в отличие от образцов, состаренных при 550 °C (1 час), характеризовался относительно не высокими напряжениями мартенситного сдвига $\sigma_{0,2}$ =600 МПа и небольшой остаточной деформацией после разгрузки, которая полностью устранялась при нагреве.

Ступенчатое старение по режиму 550 °C (1 час) + 450 °C (1 час) позволяет достичь большего повышения температур мартенситного превращения и, как следствие, наибольшей пластичности сплавов при значениях $\sigma_{0,2}$ равных 300 и 500 МПа, соответственно. При этом вся накопленная при изгибе образцов деформация полностью восстанавливалась при нагреве. Старение сплавов по режиму 450 °C (1 час) + 550 °C (1 час) привело практически к тем же результатам, что и одноступенчатое старение при 550 °C (1 час), то есть значения $\sigma_{0,2}$ составили – 900 и 1000 МПа, соответственно.

Таким образом, сформированная микроструктура, определяет особенности механического и термомеханического поведения сплава. Это объясняет причину того, что сплавы, имеющие близкий или даже совершенно идентичный химический состав, после одной и той же обработки могут существенно различаться по своим эксплуатационным характеристикам.

Особенности формирования азотированного слоя при низких температурах

Босяков М.Н., Моисеенко А.Н.
Научный руководитель – к. физ-мат. н. Босяков М.Н.
ГНУ «ФТИ НАН Беларуси», ЛЭ
maiseyenka.a.n@gmail.com

В настоящее время в промышленно развитых странах широко применяется такой метод низкотемпературной химико-термической упрочняющей обработки деталей машин, режущего и штампового инструмента, как ионное азотирование.

Технологическими факторами, влияющими на эффективность ионного азотирования, являются температура процесса, продолжительность насыщения, остаточное давление в рабочей камере, состав и расход рабочей газовой смеси. Считается, что при азотировании в диапазоне температур 550-570°С главным фактором образования слоя нитридов железа («белого слоя») является температура процесса, а в области температур в районе 400°С слой нитридов железа не образуется.

Исследования процессов ионного азотирования стали 40Х при температуре 390°С проводились на установке промышленного типа модели УА-63-960/1400 производства ФТИ НАН Беларуси с размерами рабочего пространства: диаметр катода – 960 мм, высота загрузки – 1400 мм. Оборудование эксплуатируется на участке ионного азотирования ФТИ НАН Беларуси. Установки такой модели эксплуатируются также в УЧНПП «Технолит» (г. Могилев, Беларусь) и на предприятии филиал ЗАО «АЭМ-Технологии» «Атоммаш» (г. Волгодонск, Россия).

В качестве рабочей газовой смеси использовалась смесь азота, аргона и водорода. Водород вырабатывается автономно, посредством электролиза воды в генераторе водорода. Низкая температура процесса обусловлена необходимостью сохранения высокой твердости сердцевины, заданной предыдущим отпуском.

Суть экспериментов состояла в следующем: выяснить, в какой мере химическая активность разряда, определяемая как плотность потока азота $П_{N2+}$ (л/ч·м^2) = $0{,}897 \cdot J(А/м^2) \cdot (\%N_2)$, где J – плотность тока разряда, а $\%N_2$ – доля азота в составе газовой смеси, влияет на структуру азотированного слоя.

Из литературы известно, что химическая активность разряда должна соответствовать параметру $П_{N2} = 0{,}886 \cdot C_{\alpha\text{-}Fe} \cdot (D_{\alpha\text{-}Fe})^{½}$, где $C_{\alpha\text{-}Fe}$ растворимость азота в легированном альфа-твердом растворе железа, $D_{\alpha\text{-}Fe}$ – коэффициент диффузии азота в легированном альфа-твердом растворе железа.

С использованием усредненных литературных данных по химическому составу стали 40Х рассчитан параметр $П_{N2}$, для температуры 390°С его значение составило 0,24 л/ч·м^2. Ионное азотирование проводилось в течение 20 часов при трех различных значениях параметра $П_{N2}$: 0,24; 0,35 и 0,5 л/ч·м^2. В результате проведения процессов эффективная глубина (твердость сердцевины + 50HV) азотированного слоя составила, соответственно, 125, 145 и 185 мкм, а глубина «белого слоя» при этом 1,6-1,9; 2,5-3,5 и 15-21,8 мкм, Прирост твердости после азотирования составил для трех режимов HV 350-370 при твердости сердцевины $HV_{0,1}$ 300.

Таким образом, исследования показали, что главную роль в образовании нитридов железа («белого слоя») играет плотность потока азота – параметр, определяемый плотностью тока и процентным содержанием азота в газовой смеси. Методика, позволяющая теоретически рассчитать параметр $П_{N2}$ (азотируемость стали) хорошо коррелирует с практическими результатами и может быть применена в широком диапазоне температур ионного азотирования сталей.

Исследование износостойкости никелида титана в различных средах

Бураншина Р.Р., Жидович А.О., Солодова Т.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Лукина Е.А.
МАИ, каф. МиТОМ
lukinaea@mati.ru

Сплавы на основе никелида титана достаточно широко используются в различных областях, включая медицину, благодаря эффектам памяти формы и сверхупругости. Материал, в частности, является перспективным для применения в транспедикулярных аппаратах, предназначенных для лечения заболеваний позвоночника или исправления его деформации, т.е. сколиоза. В конструкцию транспедикулярного аппарата входят балки и фиксирующие их винты, которые закрепляются в телах позвонков. Балки из сверхупругого сплава на основе никелида титана имеют меньшую жесткость по сравнению с балками из титанового сплава Ti-6Al-4V или сплава на основе кобальта Co-Mo-Cr, применяемые традиционно. Вследствие этого при использовании конструкции с балками из никелида титана возможна стабилизация позвоночника с сохранением его функциональной подвижности, что позволяет снизить риск возникновения такого послеоперационного осложнения как дегенерация смежного сегмента.

Однако сохранение функциональной подвижности позвоночника при динамической стабилизации может приводить к перемещению балок относительно головок транспедикулярных винтов с образованием продуктов износа. Кроме того, состав среды, в которой функционируют элементы конструкции, в настоящее время изучено недостаточно.

Целью данной работы является сравнение износостойкости сплава на основе никелида титана ТН1 в аустенитном и мартенситном состояниях при испытаниях в паре с титановым сплавом Ti-6Al-4V в разных средах.

Испытания на трение проводили при температуре 23±1°С. Диаметр стержней составлял 5,5 мм, длина – 30 мм. Рабочий торец имел сферическую форму радиусом 20 мм и полированную поверхность (Ra=0,03–0,05 мкм). Испытания проводились в разбавленной бычьей сыворотке, содержащей регламентированное количество протеинов, моделирующей смазку в тазобедренном и коленном суставах, в дистиллированной воде и в условиях сухого трения. Нагрузка на стержни в процессе испытаний составляла 10Н. Амплитуда возвратно-поступательных перемещений составляла 12 мм, частота возвратно-поступательных перемещений составляла 1 Гц для предотвращения перегрева бычьей сыворотки.

Выявлено, что износостойкость сплава на основе никелида титана значительно зависит от среды испытаний. Минимальный износ стержней наблюдался в разбавленной бычьей сыворотке и возрастал в 12 раз при испытании в воде и в 130 раз – в условиях сухого трения. При испытаниях в бычьей сыворотке износостойкость стержней из сплава ТН1 в аустенитном состоянии в 2,5 раза выше, чем в мартенситном. После испытаний в воде или в условиях сухого трения значимой разницы в объемном износе никелида титана в аустенитном и мартенситном состояниях не выявлено.

Возможности использования водородных технологий для обработки сплавов на основе алюминидов титана

Бурнаев А.В., Иванов А.Е., Пожога В.А.
Научный руководитель – к.т.н. Гвоздева О.Н.
МАИ, каф. МиТОМ
alexey_24@list.ru

Повышение тяговесовых характеристик авиационных газотурбинных двигателей и газотурбинных установок наземного применения остается одной из ключевых проблем развития отечественного двигателестроения. Магистральными путями решения этой проблемы являются повышение рабочих температур в трактах двигательных установок,

что влечёт за собой поиск новых материалов с меньшим удельным весом и улучшенными показателями технологичности и эксплуатационных свойств.

На сегодняшний день наиболее предпочтительными материалами для деталей компрессоров высокого давления (КВД), работающих при температурах 800°С, являются никелевые жаропрочные сплавы типа ЭП718. Однако их сравнительно высокий вес – 8,6–8,8 г/см^3, вызывает необходимость постоянного поиска альтернативных материалов, в частности, на основе алюминидов титана с более низкой плотностью.

Особый интерес исследователей к таким сплавам связан с высокими показателями удельной жаропрочности и жаростойкости этих материалов. По этим характеристикам они превосходят лучшие промышленные жаропрочные титановые сплавы, а также могут успешно конкурировать со сталями и никелевыми сплавами при температурах до 800ºС.

Однако низкая технологичность при горячей обработке давлением и недостаточная пластичность при нормальной температуре сплавов на основе алюминидов титана не только затрудняет, но и в ряде случаев исключает возможность изготовления из них некоторых видов полуфабрикатов и изделий традиционными способами термомеханической обработки.

Одними из наиболее эффективных технологических процессов обработки титановых сплавов являются водородные технологии, основанные на обратимом легировании водородом – термоводородная обработка (ТВО), водородное пластифицирование и др.. Эти технологии позволяют в широких пределах управлять структурой титановых сплавов и повышать как технологические, так и механические и эксплуатационные свойства. Кроме того, широкие технологические возможности водородных технологий позволяют разрабатывать новые титановые сплавы.

ТВО включает в себя три основных операции: а) наводораживание металла по заданной концентрации; б) термическое воздействие на металл, легированный водородом; в) вакуумный отжиг (при необходимости) до безопасных концентраций водорода, при которых развитие водородной хрупкости всех видов в процессе эксплуатации конструкций исключено.

Управление структурой титановых сплавов в широких пределах реализуется на каждом из трех этапов и основано на управлении механизмом и кинетикой фазовых превращений. Контролируемый процесс дегазации в вакууме может обеспечить: 1) сохранение структуры, полученной на втором этапе ТВО, 2) получение нового структурного состояния непосредственно в процессе удаления водорода.

В настоящее время получено большое количество экспериментальных результатов, показывающих, что легирование водородом не только облегчает процессы деформации титановых сплавов, но и способствует существенному изменению их структуры при термической обработке и окончательном вакуумном отжиге.

Литература

1. Быценко О.А. Закономерности формирования бимодальной структуры и комплекса механических свойств сплава на основе интерметаллида Ti_3Al при термоводородной обработке титана (05.16.01)// Автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.т.н., М.: МАТИ – 2005г – 24с.

2. Гуртовая Г.В. Термоводородная обработка фасонных отливок из титанового сплава ВТ20Л для медицинских имплантатов (05.16.01) //Автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.т.н., М.: МАТИ – 2003г – 24с.

Электролитно-плазменная нитроцементация стали 12Х18Н10Т в электролите на основе глицерина и нитрата аммония

Буров С.В.

Научный руководитель – доцент, к.т.н. Дьяков И.Г.

КГУ, каф. ОТФ

kesawan@yandex.ru

Сталь 12Х18Н10Т относится к классу аустенитных сталей и обладает высокой коррозионной стойкостью. Однако данная сталь имеет низкие механические свойства, что

ограничивает круг её применения. В данной работе рассматривается способ повышения износостойкости стали 12Х18Н10Т методом анодной электролитно-плазменной нитроцементации (АЭПН).

В качестве рабочего электролита был использован раствор состава: 10 % (масс) глицерина, 7 % (масс.) нитрата аммония и 8 % (масс.) хлорида аммония. Температура обработки изменялась от 650 ºС до 950 ºС с шагом в 50 ºС, с закалкой от температуры нагрева.

Данные EDX анализа показывают, что при увеличении температуры нагрева от 650 до 800 ºС наблюдается незначительный рост концентрации азота до 0,2% на глубину до 15 мкм. Дальнейший нагрев увеличивает как содержание азота до 2,32%, так и глубину его проникновения в сталь (до 35–40 мкм). Чёткой зависимости содержания углерода от температуры нагрева не обнаружено. Глубина проникновения углерода в поверхностном слое составляет примерно 15 мкм, так как в этой точке для всех режимов насыщения концентрация углерода снижается до 0,2 %.

Установлено, что с ростом температуры от 650 до 800 ºС микротвёрдость увеличивается от 242 HV_{50}до 279 HV_{50}. Дальнейший рост температуры нагрева увеличивает поверхностную микротвёрдость до 455 HV_{50}.

Рентгеноструктурный анализ показал, что после АЭПН на поверхности образцов образуются смешанные оксиды состава Fe_2O_3 и Fe_3O_4. Увеличение температуры до 800 ºС приводит к росту пиков, соответствующих указанным фазам. Дальнейший рост температуры снижает интенсивность этих пиков, что свидетельствует об уменьшении доли данных фаз. Увеличение температуры приводит к уменьшению доли аустенита. При температурах от 850 ºС и выше наблюдается присутствие феррита, что свидетельствует о фазовых переходах, происходящих во время обработки.

Исходная шероховатость образцов составляла 1±0,1 мкм. После обработки значения шероховатости поверхности снижаются примерно в 2 раза и составляют 0,65±0,1 мкм при всех температурах нагрева, что свидетельствует об интенсивном растворении поверхности стали при АЭПН. Температура обработки незначительно повлияла на степень растворения, поэтому можно сказать, что данный параметр не зависит от температуры обработки в данном электролите.

Зависимости коэффициента трения от температуры обработки не выявлено. Коэффициент трения необработанного образца составляет 0,06. После АЭПН итоговый коэффициент трения заметно снижается в среднем до 0,05. Массовый износ увеличивается с 6 мг. до 10,1 мг. при повышении температуры нагрева и превышает массовый износ необработанного образца выше 800 ºС.

При увеличении температуры нагрева плотность тока коррозии увеличивается с 0,45 мкА/см^2 до 6,56 мкА/см^2. Плотность тока коррозии чистого образца составляет 0,09 мкА/см^2. Таким образом, можно сделать вывод, что коррозионные свойства стали 12Х18Н10Т при АЭПН в трёхкомпонентном электролите с глицерином, нитратом и хлоридом аммония ухудшаются. С увеличением температуры нагрева растёт толщина оксидного слоя, что может сказываться на коррозионных свойствах стали.

Работа выполнена в КГУ при поддержке Российского Научного Фонда (15-13-10018)

Разработка технологического процесса по производству биметаллических листов комбинации АД1-12Х18Н10Т методами рулонной прокатки

Великов А.Ф., Стрижов Д.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Сухов С.В.
МАИ, каф. ТОМД
Velikov1994@mail.ru

При производстве биметаллических слоистых листов необходимо строго придерживаться определенных условий прокатки, таких как степень чистоты поверхности, степень деформации, скорость прокатки, соотношение толщин слоев основы

и плакировки и т.п. Все эти параметры устанавливаются в результате проводимых исследований.

Разрабатывается технологический процесс получения листового материала в результате твердофазного соединения двух разнородных материалов – алюминиевого сплава АД1 и нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Необходимо отметить тот факт, что в дальнейшем из получаемых слоистых листов методами листовой штамповки получают товары народного потребления: заготовки для сковородок диаметром 32, 40, 46 см, блинниц, форм для выпечки.

Разработка и внедрение промышленной технологии изготовления биметаллических листов АД1-12Х18Н10Т производилась применительно к существующему на предприятии оборудованию: стану ДУО-1200, зачистным линиям и станкам, которые имеются на крупном московском металлургическом предприятии АО "Всероссийский институт легких сплавов" (АО "ВИЛС").

При определении технологических режимов изготовления листов ставилась задача: изучить влияние термомеханических режимов прокатки и термообработки на прочность соединения слоев и качество поверхности листов.

Проведенные экспериментальные работы показали, что при обжатии пакетов 15-20% наступает достаточно прочное соединение слоев в листах (при этом прочность твердофазного соединения на отрыв составляет в системе СГС $Q_{л.отр.}$= 5-7,5 кгс/см или в системе СИ $Q_{л.отр.}$= 5-7,5 Н/мм), что позволяет осуществлять последующую холодную листовую штамповку сковороды без отслоений.

Увеличение обжатия более 20% ведет к дальнейшему возрастанию прочности соединения слоев, но при этом ухудшается качество поверхности листов со стороны стальной плакировки (появляется на поверхности рябизна, которая не позволяет, при последующей полировке кругов, получить зеркальную поверхность стального слоя). В связи с вышеизложенным оптимальным обжатием выбрано 13-18 %. Назначена следующая оптимальная схема прокатки: 9,2 − 8,9 − 7,7 мм.

Назначение данной схемы произведено после многочисленных испытаний биметаллического соединения на отрыв.

Прочность соединения слоев в листах определялась путем испытания биметаллических образцов на линейный отрыв.

По результатам этих испытаний и были выбраны оптимальные режимы прокатки и термообработки листов. Исследование влияния режимов нагрева пакетов под прокатку на прочность соединения слоев и качество поверхности листов показало, что при температуре 300, 400 ^{o}C наблюдается снижение прочности соединения слоев.

Качество поверхности листов ухудшается при температуре металла перед прокаткой 450 ^{o}C. Это связано с тем, что при температуре нагрева 450 ^{o}C в алюминии наблюдается интенсивный рост зерна, приводящий при дальнейшей обработке листа правкой к получению на поверхности стали рябизны.

Наиболее высокая прочность соединения слоев в биметаллических листах наблюдается при общем времени нагрева 40 мин. – 1,5 часа.

Разработка и апробация технологического процесса холодной рулонной прокатки лент и листов из алюминия АД1, плакированного другими материалами

Великов А.Ф., Стрижов Д.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Сухов С.В.
МАИ, каф. ТОМД
Spets.kirill.89@mail.ru

В настоящее время в авиационной промышленности нашли широкое применение листы и рулоны из алюминия и его сплавов, плакируемые силумином Производство таких лент и рулонов требует разработки высокопроизводительной технологии. Наиболее перспективным и экономически эффективным является метод холодной прокатки. При выполнении студенческих НИР разработан технологический процесс холодной рулонной прокатки лент и листов из алюминия АД1 и его сплавов, плакированных силумином

марки СИЛ 1С с двух сторон. В настоящее время плакирование металлов и сплавов в процессе прокатки представляет собой самостоятельную технологическую операцию, успешное разрешение которой обеспечивает не только повышение коррозионной стойкости листов, но и устраняет возникновение многочисленных дефектов проката.

Применение оптимальных режимов плакирования открывает возможность:

- получения качественных листовых полуфабрикатов из малопластичных материалов и сплавов;
- повышения прокатываемости листов, уменьшения токсичности спецсплавов;
- экономии дефицитных материалов и сплавов;
- повышения стабильности механических свойств листов;
- улучшения качества поверхности получаемого листового материала.

Плакирование является эффективной мерой повышения выхода годного алюминиевых сплавов. С точки зрения физической природы процесс плакирования металлов и сплавов идентичен процессу "кузнечной" сварки. Работы показали, что процесс образования прочного металлического соединения металлов и сплавов при плакировании основан на их взаимной диффузии. Вопрос о том, является ли диффузионный механизм единственно возможным механизмом образования цельнометаллического соединения, возник в связи с развитием процесса холодной сварки и появлением "пленочной" теории холодной сварки.

Совместную прокатку-сварку лент марок АД1, АДО, АО, А5, А6, А7 и СИЛ-IС производят за один проход с толщины пакета 10,2 мм:

СИЛ-1С - 0,6 ×425×L

АД1 - 9,0×450×L

СИЛ-1С - 0,6×425×L до толщины (4-0,1) +0,05 мм. Скорость прокатки от 0,1 до 0,4 м/сек. Натяжение при прокатке от 19,6 кН до 27,4 кН (от 2 т.с. до 2,5 т.с.).

В качестве технологической смазки при прокатке-сварке используют смесь, состоящую из 75 или 80% керосина ТУ 38 – 401- 58-10-90, от 20 до 25% индустриального масла марки И-12А или И-20А ГОСТ 20799-99.

Смазку наносят на верхний опорный валок специальным автоматизированным приспособлением.

Разработанная технология позволяет получать рулоны и листы со свойствами, которые отвечают техническим требованиям.

В рамках выполнения работы рассмотрены механические и физические свойства технического алюминия АД1 и силумина марки СИЛ-1С. Рассмотрены механические и эксплуатационные свойства листового плакированного материала, которые должен обеспечить данный технологический процесс

Подобрано технологические оборудование, проведены основные технологические расчеты, определены все режимы термической и деформационной обработки материалов.

Сепарация мелкодисперсных материалов на основе их трибомеханических свойств

Виноградов Р.Е., Орлов А.А.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Шляпин С.Д.
МАИ, каф. МиТОМ
lxg2094@mail.ru

Авторами предложена лабораторная установка для разбиения смесей порошковых материалов на отдельные фракции с учетом их трибоэлектрических свойств.

Описание установки: бункер с сыпучей средой (комнатой влажности) закреплен на штативе. В качестве сыпучей среды применяется титановый порошок марки Ti-5553, содержащий пылеватые частицы. Кварцевая трубка, диаметром 20 мм и длиной 1,5 м, присоединена к выходу бункера. Трубка направлена в пластмассовый сосуд диаметром 11 см и высотой 15 см. Сосуд размещен на специальной платформе для сбора частиц. Расстояние между нижним срезом трубки и верхним срезом сосуда не менее 40 см.

В ходе опыта сыпучая среда из бункера, через отверстие диаметром 2-3мм, поступает в трубку, где от трения частиц песка между собой и о стенки бункера и трубки

образуется избыток частиц одного знака. Накопленный электрический заряд производит электризацию стенок трубки и сосуда. Стенки трубки и сосуда получают противоположный электрический заряд. Электрическое поле значительной величины, возникающее между трубкой и сосудом, выбрасывает заряженные частицы из сосуда, знак заряда которых совпадает со знаком заряда сосуда. Выбрасываемые частицы металлического порошка, попадая на специально подготовленную платформу оседают неравномерно в зависимости от размеров частиц и приобретенного заряда.

В результате проведенного опыта частицы были расфасованы в две чаши. В первой чаше находятся частицы, получившие в результате трения наименьший заряд. Эти частицы распыляются около сосуда. Во второй чаше находятся частицы, имеющих более высокий заряд, кратный заряду частиц из первой чаши. Эти частицы отлетают от сосуда на расстояние более 1 метра предположительно под действием магнитного поля Земли. В конкретном опыте при движении частиц порошка трубка заряжалась отрицательно, становясь своеобразным катодом, а сосуд положительно, становясь анодом.

Используя зрительную трубу, и лучше с телекамерой, можно наблюдать за поведением отдельных заряженных частиц в характерных точках на трубке. Именно в этих точках хорошо видно, как заряженная частица совершает скачки (совершает дискретное движение), после приобретения и потери электрических зарядов.

Данный метод может оказаться полезным для сепарации порошков и получения сыпучих материалов наименьшей крупности.

Пользуясь результатами подобных экспериментов, авторы разрабатывают рекомендации по защите объектов от статического электричества, а также решению задач по разделению сыпучих сред на отдельные фракции по крупности частиц и качественному перемешиванию сыпучих материалов.

Стабилизация высокотемпературных фаз диоксида циркония в покрытиях, формируемых микродуговым оксидированием с использованием нанопорошков

Виноградов А.В.[1], Панасова Г.В.[1,2], Савушкина С.В.[2]
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Борисов А.М.[1]
[1]МАИ, каф. ТППИСУЛА, [2]ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»
galinapanasova1@gmail.com

Для надежной работы изделий авиационной и ракетно-космической техники часто требуется их защита от воздействия высоких температур и агрессивных сред. Решением данной задачи является нанесение на них теплозащитных покрытий (ТЗП), состоящих из жаростойкого и термобарьерного слоев. Диоксид циркония широко используется как материал термобарьерного слоя в ТЗП, благодаря его низкой теплопроводности и теплостойкости. На сегодняшний день одним из перспективных методов получения диоксид циркониевых покрытий является метод микродугового оксидирования (МДО) [1]. Тетрагональный диоксид циркония больше всего подходит для термобарьерных слоев. Однако он не сохраняется в покрытии при комнатной температуре без стабилизации, которая возможна при введении в электролит для МДО некоторых дисперсных добавок, в том числе, нанопорошка оксида иттрия [2].

На дисках из циркониевого сплава Э110 (Nb – 1%) формировали покрытия методом микродугового оксидирования. Для стабилизации тетрагональной фазы диоксида циркония в силикатно-гипофосфитный электролит добавляли до 6 г/л нанопорошка оксида иттрия. Исследования проводили с помощью растровой электронной микроскопии, рентгеновского микроанализа, рентгеновской дифракции и микротвердомера.

Структура поверхности МДО-покрытий (толщиной до 120 мкм) характеризуется двумя типами областей. Первый тип областей имеет форму кратеров размером до 100 мкм, а второй состоит из мелких глобул. В ходе рентгеновского микроанализа было выявлено, что в кратерных областях покрытий преобладают элементы диоксида циркония и оксида иттрия, а в областях глобулярной структуры – элементы составляющих электролита (Si, P, Na, Y, O). МДО–покрытия характеризуются тремя основными слоями – барьерным, средним и верхним слоем с крупными порами. Средний слой покрытия

состоит из кристаллитов размером ~ 0,5 мкм. Замечено увеличение микротвердости среднего слоя покрытия при приближении к барьерному слою от 350 до 450 HV.

Добавка оксида иттрия приводит к подавлению образования низкотемпературной моноклинной фазы m-ZrO_2 и формированию стабилизированной тетрагональной фазы t-ZrO_2. Эффект подавления увеличивается с толщиной МДО-покрытия и с увеличением содержания нанопорошка оксида иттрия в электролите. При введении в электролит 6 г/л нанопорошка оксида иттрия в МДО-покрытии толщиной 100 мкм и более формируется только t-ZrO_2. Добавка нанопорошка оксида иттрия также приводит к появлению дополнительного тонкого поверхностного слоя в МДО-покрытии, обогащенного конгломератами наночастиц оксида иттрия.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ (грант № МК 524.2017.8).

Список использованных источников

1. Савушкина С.В., Полянский М.Н., Борисов А.М., Виноградов А.В., Людин В.Б., Данькова Т.Е., Агуреев Л.Е.//Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2016. № 4. С. 45-50.

2. Бецофен С.Я., Борисов А.М., Владимиров Б.В., Савушкина С.В., Эпельфельд А.В., Востриков В.Г., Романовский Е.А. и др.//Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2012. № 2. С. 45-48.

Применение высокоскоростных видеокамер в процессе лазерной сварки

Вулпе М.Н

Научный руководитель – доцент, канд. экон. наук. Курынцев С.В.

КНИТУ-КАИ, каф. ТФ

god.fd@list.ru

В настоящее время процесс лазерной сварки широко используется в промышленности и имеет большой потенциал в применении, однако этот процесс не изучен достаточно хорошо для использования всех преимуществ. При лазерной сварке можно столкнуться с проблемой появления различных дефектов, для понимания природы образования которых нужно изучить сам процесс сварки. Одним из важных параметров, влияющих на качество полученного шва, является поведение парогазового канала. Форма и геометрия парогазового канала зависят от мощности лазерного излучения, скорости сварки. Исследования показали, что лазерный луч в основном воздействует на переднюю стенку парогазового канала. Чтобы избежать различных дефектов, возникающих на передней стенке во время воздействия на нее лазерного луча (например, ряби или морщины), необходимо осуществлять мониторинг процесса образования парогазового канала и принимать меры к недопущению появления дефектов. Для изучения и выявления причин необходимо следить за тем, что происходит в парогазовом канале. Решением проблемы является множество методов, позволяющих зафиксировать результаты, таких как сканирующая электронная спектроскопия, оптическая эмиссионная спектроскопия и прочее. Высокоскоростные камеры с использованием различных фильтров позволят нам фиксировать недоступные человеческому глазу данные для последующего анализа. Так, в исследовании C. Brock и др., предметом изучения являлся металлосодержащий газовый факел, появляющийся из парогазового канала вследствие испарения металла. Высокоскоростные камеры использовались для измерений отклонения факела и его удлинения. На основе этих данных можно предсказать геометрию парогазового канала при меняющихся параметрах сварки. Применение камеры при оптической эмиссионной спектроскопии даёт нам возможность получить изображение температурного поля исследуемого нами образца. В исследовании J.L. Zou и др. для изучения метода выключения лазера с последующим фиксированием формы парогазового канала при помощи высокоскоростной камеры. Этот метод позволяет обнаружить дефекты, появившиеся на передней стенке парогазового канала и выявить зависимость между формой дефектов и параметрами сварки.

Высокоскоростные камеры имеют большую ценность для различных исследований, позволяя получить данные в любой момент времени, что дает нам возможность исследовать различные процессы лазерной сварки. Также камеры могут использоваться и для мониторинга самого процесса, позволяя отслеживать сам процесс и изменять его в необходимом направлении.

Выбор оптимальных материалов для световозвращающих покрытий и технология их формирования

Габайдуллина К.М.
Научный руководитель – зав. кафедрой, д.т.н., профессор Галимов Э.Р.
КНИТУ-КАИ, каф. МСиПБ
duma.12735@gmail.com

При правильном выборе материала и технологии формирования качество и надежность изделий повышаются, в результате, снижается себестоимость выпускаемой продукции. Материалы, из которых изготавливаются оптические изделия, должны быть прозрачными, иметь высокую оптическую однородность и быть стойкими к механическим и климатическим воздействиям. Эффект световозвращения – способность материала возвращать поток излучения от него обратно в направлении источника света. Часто их изготавливают в виде многослойных пленочных конструкций.

Структура разрабатываемого световозвращающего покрытия (СВП) представляет собой многослойную тонкопленочную конструкцию, имеющую в своем составе линзовые световозвращатели. При структурном представлении СВП можно выделить следующие составляющие эту конструкцию слои:

Верхний светопропускающий защитный слой: полиэтилентерефталатовая пленка. Этот материал обладает прозрачностью, высокой прочностью, хорошей пластичностью и химической стойкостью, толщина слоя составляет 120 мкм, коэффициент преломления n = 1,47. Герметизирующий слой с ячейками различных конфигураций: синтетические сетки с прямоугольными ячейками, площадь ячейки - 9 мм^2. Связующий слой: быстро отверждаемый прозрачный оптический клей ОПЭ - 3 с коэффициентом преломления n = 1,67. Микросферические стеклянные шарики: стекло марки К8, n = 1,47, d = 45-100 мкм. Отражающий слой: фольга алюминиевая толщиной 80 мкм. Монтирующий слой: акриловая смола, отверждаемая термическим способом.

Формирование СВП в лабораторных условиях осуществляется следующим образом. На связующий слой, предварительно нанесенный на силиконовую ленту, напыляют микросферы, выбранные для исследования с заданными размерами. Их прокатывают роликами, выкладывая поверху лавсановую или фторопластовую пленку, для их углубления в силиконовую ленту, проникая через связующий слой.

На отвержденный связующий слой с микросферическими шариками выкладывается полимерная пленка расчетной толщины, равной величине продольной сферической аберрации, имеющая отражающую металлизированную поверхность. Затем, путем прокатывания роликами полученного слоя, формируют криволинейную эквидистантную диаметру микросфер фокусирующий слой.

На фокусирующий слой наносят монтирующий слой в виде акриловой смолы определенной вязкости и отверждают. Следующая операция- удаление выполненных слоев с силиконовой ленты и на открытые поверхности монтирующего слоя накладывается герметизирующая сетка с прямоугольными ячейками вместе с верхней светопропускающей пленкой. Соединение слоев проводим термическим склеиванием.

Проведен анализ научно-технической информации и патентной информации по российским и зарубежным источникам.

Определены основные конкурирующие предприятия, занимающиеся созданием световозвращающих материалов и изделий («3М», «VizLite®», «Регарт», «AVERY DENNISON», «ТМ», «Микросфера», ПО «Химтэк»).

В результате выбраны материалы, позволяющие сформировать тонкопленочное световозвращающее покрытие, а также разработана технология его формирования в лабораторных условиях, с последующим исследованием оптических характеристик.

Влияние структуры, сформированной при термоводородной обработке, на комплекс механических свойств сплава на основе Ti_3Al[2]

Гвоздева О.Н., Лукащук А.А., Пожога В.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Скворцова С.В.
МАИ, каф. МиТОМ
zeramful@gmail.com

Создание новых жаропрочных и жаростойких материалов на основе алюминидов титана для применения в ответственных деталях и узлах газотурбинных двигателей и энергетических установок является актуальной проблемой современного материаловедения. Использование для этой цели новых наукоемких технологий обработки должно обеспечить повышение комплекса важнейших физико-механических, химических, технологических и эксплуатационных характеристик, таких как технологическая пластичность, жаропрочность, жаростойкость и других. Способность материала удовлетворять такому широкому спектру требований и сохранять работоспособность в условиях комплексного интенсивного воздействия внешних факторов различной природы определяется структурным состоянием объема и поверхности детали и комплексом функциональных характеристик. Технологические методы управления структурой материала, служащие для обеспечения различных групп эксплуатационных свойств, требуют применения комплексных технологий обработки.

Одной из наиболее перспективных комплексных технологий для конструкционных титановых сплавов является технология термоводородной обработки (ТВО). При этом применяемая технология должна обеспечивать не только оптимальное структурное состояние материала, но и заданный комплекс свойств.

В предыдущих работах нами была показана эффективность применения комплексной технологии ТВО для формирования в жаропрочном титановом сплаве Ti-14Al-3Nb-3V-0,5Zr структуры бимодального типа. Были установлены оптимальные схемы и режимы ТВО для достижения стабильной бимодальной структуры в объеме материала.

Целью настоящего исследования было установление влияния параметров структуры на механические свойства опытного сплава при нормальной и повышенной температурах. Механические свойства опытного сплава изучали на образцах с бимодальной структурой, содержащей 50 и 70% первичной α_2–фазы размером от 4 до 5,5 мкм, и со структурой, представленной 90% равноосной первичной α_2– и β– фазами.

Наилучшее сочетание прочностных ($\sigma_в$=1250МПа, $\sigma_{0,2}$=1160МПа) и пластических (δ=3,2%; ψ=4,5%) характеристик, при нормальной температуре, достигается в сплаве с бимодальной структурой, содержащей около 70% первичной α_2–фазы и смесью вторичной α_2–фазы и β–прослоек. По-видимому, именно такая структура обеспечивает реализацию дислокационных механизмов во всех структурных составляющих. Результаты определения ударной вязкости хорошо коррелируют с характеристиками пластичности при растяжении. Однако абсолютные величины KCU очень малы (~0,15ж/м^2).

Анализ результатов влияния параметров структуры на механические свойства опытного сплава при температуре 700ºС показывает, что наилучшее сочетание прочностных ($\sigma_в$=850МПа, $\sigma_{0,2}$=770МПа) и пластических (δ=30%; ψ=39,1%) характеристик имеет сплав с бимодальной структурой, представленной 50% первичной α_2–фазы и смесью вторичной α_2- и β–фаз. Именно образцы с такой структурой обеспечили длительную прочность 109 часов при температуре 700ºС и напряжении 400МПа.

Таким образом, исследования показали, что использование обратимого легирования водородом позволяет создать в жаропрочном сплаве, содержащем малую объемную долю β-фазы, бимодальные структуры с различным соотношением объёмных

[2] Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «АКМиТ» МАИ.

долей и размеров структурных составляющих α_2–фазы, обладающих повышенным комплексом механических свойств.

Структура и свойства полуфабрикатов из титанового сплава Ti-6Al-4V, полученных при помощи аддитивных технологий[3]

Герман М.А., Макаров Ф.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Скворцова С.В.
МАИ, каф. МиТОМ
ferrarigerman@gmail.com

В работе были исследованы структура и свойства образцов, полученных при помощи технологии послойного селективного лазерного плавления. На данный момент аддитивные технологии являются перспективным направлением и требуют изучения.

Исследования проводились на образцах, изготовленных на 3D принтере Concept Laser M2 Cusing. Для спекания использовался металлический порошок из сплава Ti-6Al-4V фирмы Dentaurum. Максимальная доля частиц имела размеры от 15 до 30 мкм.

На первом этапе на исходных образцах была исследована структура, измерена твердость и плотность. В исходном состоянии структура была представлена мартенситом α′, что может быть обусловлено высокой скоростью отвода тепла из зоны спекания гранул. Твердость исходных образцов колеблется в интервалах от 35 до 38 ед. HRC. Это может быть связано с разными условиями охлаждения слоев в процессе «выращивания» образцов. Также, методом гидростатического взвешивания была измерена плотность образцов, которая составила 4,18-4,2 г/см3.

На следующем этапе была изучена структура и твердость сплава после термической и термоводородной обработок. Часть образцов подвергалась вакуумному отжигу после «3D-выращивания», а часть наводороживали в установке Сивертса до концентрации водорода 0,6%. Обработку проводили по двум режимам. В первом случае наводороживание заканчивалось в β-области, а во втором – в (α+β)-области.

После наводороживания по первому режиму структура образцов представлена β-фазой с небольшим количеством мартенсита α′′, а после наводороживающего отжига по второму режиму – двухфазной α+β-структурой, причем частицы α-фазы обогащены алюминием, что приводит к протеканию в них процесса упорядочения, о чем свидетельствует появление на дифрактограммах сверхструктурных отражений от α2-фазы.

Вакуумный отжиг проводили по трем режимам: 625ºС, 820ºС и двухступенчатый отжиг при температуре 550ºС, затем 820ºС. Выдержка при всех режимах выбиралась таким образом, чтобы концентрация водорода не превышала 0,008%.

Вакуумный отжиг при температуре 820ºС образцов после 3D-принтинга приводит к формированию пластинчатой (α+β)-структуры. Предварительное наводороживание в β-области позволяет сформировать после вакуумного отжига более дисперсную структуру, однако в ней наблюдаются отдельные крупные пластины α-фазы, наличие которых обусловлено наследованием морфологии α′′-мартенсита. Предварительное наводороживание в (α+β)-области позволяет сформировать после вакуумного отжига более однородную структуру «корзинчатого» плетения. Несмотря на различие в структуре твердость у всех образцов была практически одинаковая и составила 34-35 ед. HRC.

Низкотемпературный вакуумный отжиг при 625ºС приводит к формированию мелкодисперсной структуры. Образцы после 3D-принтинга и наводороживающего отжига в β-области имеют твердость 39 ед. HRC. После наводороживания в (α+β)-области твердость составляет 35 ед. HRC, что объясняется присутствием более крупных частиц первичной α-фазы в структуре.

Ступенчатый вакуумный отжиг и наводороживание в β- и (α+β)-области с последующим вакуумным отжигом приводит к формированию пластинчатой (α+β)-структуры. Твердость во всех трех случаях составляет 35 ед. HRC.

[3] Работа выполнена с использованием оборудования ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно-космические материалы и технологии

Изучение структуры высокопрочных чугунов методом мультифрактальной параметризации

Горюнова А.И.
Научный руководитель – доц., к.т.н. Фомичева Н.Б.
ТулГУ , каф. ФММ
nbf62@yandex.ru

Структурообразование серых чугунов, которые являются сложными системами, зависит от технологических параметров процесса их получения и обработки. При отклонении лишь одного технологического фактора от оптимального значения формируется структурная неоднородность сплава. Процесс структурообразования чугуна нужно рассматривать как систему, переходящую из одного структурного состояния в другое под действием внешних факторов. Структура определяет конечные свойства изделий из чугуна.

Очевидно, что для изучения данных процессов необходимо применение как качественных металлографических исследований, так и точных количественных методов описания структур сталей и чугунов. Перспективной представляется адаптация методик фрактальной и мультифрактальной параметризации структур для количественной характеристики структурно- фазовой неоднородности чугунов, а также установление корреляции между механическими характеристиками и мультифрактальными параметрами микроструктуры.

В работе проводили изучение влияния количества графитных включений в высокопрочных чугунах на ферритной основе на фрактальные и мультифрактальные характеристики сруктуры. Для исследования были выбраны образцы высокопрочного чугуна на ферритной основе с различным процентным содержанием графитной составляющей. Для всех выбранных образцов был использован металлографический анализ, позволивший провести исследование микроструктуры чугуна.

Анализ полученных данных показал, что количество графитных включений и особенно, их размер в исследуемых чугунах сильно колеблется: объёмная доля находится в пределах 0,29-1,87.

Для оценки фрактальной размерности структуры высокопрочных ферритных чугунов использовали метод покрытия изучаемой на фотографии области квадратной сеткой с различной стороной квадрата (от 0,5 до 2 мм). В работе получена линейная зависимость в логарифмических координатах, что указывает на фрактальность структуры. В ходе исследований была выявлена корреляция между фрактальной размерностью структуры, определенной двумя методами: методом покрытия и методом Phisics, и количеством графитных включений. Проведенные расчёты показали, что фрактальность структуры ферритного высокопрочного чугуна, вычисленная двумя методами, имеет одинаковый тренд.

Мультифрактальные характеристики - $f(\alpha)$ спектров и D_q - спектров размерностей Реньи определяли с использованием программы MFRDrom, которую предоставил ее автор Г.В. Встовский. К числу мультифрактальных характеристик, определяемых в работе, относили количественные характеристики упорядоченности и однородности, а также обобщенные размерности Реньи.

В результате исследований была получена корреляция между количеством графитных включений высокопрочного чугуна и мультифрактальными параметрами, а также была выявлена взаимосвязь мультифрактальных параметров и механических свойств чугуна.

Влияние лазерной обработки на формирование и свойства МДО-покрытий

Грунин А.А.
Научные руководители – доцент, д.т.н. Эпельфельд А.В.; профессор, д.т.н. Людин В.Б.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
xdragon25@yandex.ru

Микродуговое оксидирование (МДО) – особый вид электрохимической обработки поверхности, который позволяет получать многофункциональные керамикоподобные покрытия, все шире применяемые для защиты изделий авиационной и ракетно-космической техники, изготавливаемых из алюминия, титана, магния и циркония. В работе исследовалось влияние лазерной обработки на состояние электролита в процессе формирования МДО-покрытий и такие их свойства, как толщина, микротвердость и сквозная пористость. Электролит для МДО и тип лазера для исследований выбирались, исходя из условия максимального коэффициента пропускания лазерного излучения через жидкость, который измерялся с помощью спектрофотометра. В результате был выбран силикатно-щелочной электролит, содержащий 1,5 г/л гидроксида натрия и 8 г/л жидкого стекла, и гелий-неоновый лазер с длинной волны 0,65 мкм, которые устойчиво обеспечивали 97 % пропускания лазерного излучения. МДО-обработку образцов из алюминиевого сплава Д16 с рабочей поверхностью диаметром 20 мм проводили в анодно-катодном режиме при равенстве токов и их суммарной плотности 10 А/дм^2. Готовились два типа электролитов одинакового состава: А – на основе обычной дистиллированной воды в качестве растворителя и Б – на основе дистиллированной воды, предварительно облученной расфокусированным лазерным пучком в течение 60 минут.

На первом этапе исследований образцы оксидировали в электролитах А и Б в течение 3 часов. Визуальные наблюдения показали, что электролит Б оставался прозрачным на протяжении всего процесса, а электролит А стал мутным в течение первых 10–15 минут МДО-обработки, что в дальнейшем было подтверждено измерениями коэффициента пропускания лазерного излучения на спектрофотометре. Толщина, микротвердость и сквозная пористость МДО-покрытий, сформированных в электролите А, составили 157 мкм, 567 кг/мм^2 и 9,2 %, а в электролите Б – 163 мкм, 746 кг/мм^2 и 8,9 % соответственно.

На втором этапе в тех же электролитах образцы оксидировали в течение 1 часа, при этом рабочую поверхность образцов в процессе МДО облучали гелий-неоновым лазером. Результаты визуальных наблюдений за состоянием электролитов и последующих измерений коэффициентов пропускания лазерного излучения на спектрофотометре были аналогичны результатам, полученным на первом этапе. Толщина, микротвердость и сквозная пористость МДО-покрытий, сформированных в электролите А, составили 44 мкм, 466 кг/мм^2 и 11,1 %, а в электролите Б – 35 мкм, 545 кг/мм^2 и 9,4 % соответственно.

Таким образом, воздействие лазерного излучения на дистиллированную воду – растворитель на этапе приготовления электролита позволило повысить толщину и микротвердость МДО-покрытий и снизить их сквозную пористость. Кроме того, лазерная обработка электролита повысила его стабильность. Дополнительное лазерное облучение образцов в процессе микродугового оксидирования также позволило повысить микротвердость и снизить сквозную пористость, но при снижении толщины покрытий. Это свидетельствует о положительном воздействии лазерной обработки на состояние электролита в процессе формирования МДО-покрытий и их характеристики, поскольку рост микротвердости и снижение сквозной пористости ведут, как правило, к повышению износостойкости и коррозионно-защитной способности покрытий соответственно.

Влияние высокоскоростной фрезерной обработки на остаточные внутренние напряжения в поверхностных слоях алюминиевого сплава

Грушин И.А., Князев М.И., Мамонтова Н.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Скворцова С.В.
МАИ, каф. МиТОМ
vano_dushes@bk.ru

Одним из широко распространённых видов механической обработки материалов является – фрезерная. В настоящее время для повышения качества и количества выпуска продукции применяются новые способы высокоскоростной фрезерной обработки поверхности. Однако одной из важных проблем, возникающих при подборе режимов механической обработки, является определения остаточных напряжений в поверхностных слоях, поскольку они приводят к ухудшению качества готовой продукции, а также влияют на его свойства. Поэтому в работе рассмотрено влияние различных режимов высокоскоростной фрезерной обработки на формирование внутренних остаточных макронапряжений в поверхностных слоях алюминиевого сплава Д16.

Исследования проводили дифрактометрах ДРОН−4 и ДРОН−7, при стандартных параметрах съёмки: ускоряющее напряжение 40 кВ, фильтрованное CuK_α излучение, ток аннода 20 мА. Скорость съёмки составляла 2 град./мин., скорость счета импульсов изменялась автоматически в пределах от 1000 до 40000 имп./с. Дифракционную картину фиксировали на диаграммной ленте (ДРОН−4) или в электронном формате (ДРОН−7). Анализ внутренних напряжений проводили с помощью метода «$\sin^2\psi$» . Основой этого метода является тот факт, что во всех кристаллитах изделия межплоскостные расстояния атомных плоскостей, одинаково ориентированных по отношению к действующим упругим напряжениям, изменяются одинаково. В свою очередь, изменение межплоскостных расстояний Δd_{HKL} приводит к смещению рентгеновских линий на угол $\Delta\theta_{HKL}$ в соответствии с соотношением Вульфа-Брегга.

В данной работе определяли межплоскостные расстояния для рефлекса (422) алюминиевого сплава Д16. Съемку проводили в интервале углов 2θ=132°…142° при трех значениях угла ψ (0°, -20°, -40°) в четырех слоях с разностью по глубине в 50 мкм. При расчетах учитывали анизотропию упругих констант, входящих в расчетную формулу, которые вычисляли через элементарные модули податливости. Для направления нормали к плоскости (422) значения модуля Юнга и коэффициента Пуассона составили, соответственно, 70 ГПа и 0,34.

Исследования показали, что при механической обработке, когда с заготовки в виде припуска удаляется часть металла, происходит перераспределение внутренних напряжений и их частичная релаксация, вследствие этого их временное равновесие нарушается, и напряжения в поверхностном слое являются частично не скомпенсированными и имеют менее высокие значения. Распределение измеренных значений остаточных напряжений после фрезерной обработки показало, что они имеют сжимающий характер и увеличиваются в подповерхностных слоях, достигая максимальных значений на глубине 50-100 мкм, в зависимости от режимов обработки. По абсолютному значению остаточные макронапряжения не превышают значения 180МПа, и при преодолении своего максимума снижаются, переходя в растягивающие.

Влияние добавки РЗМ на структуру и свойства неразъемных сварных соединений опытного жаропрочного титанового сплава

Грушин И.А., Колотий Д.Д., Сперанский К.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Скворцова С.В.
МАИ, каф. МиТОМ
grushin_ivan@bk.ru

В настоящее время при создании конструкций планера современных летательных аппаратов предъявляются повышенные требования к массогабаритным и прочностным характеристикам не только материалов, но и к различного вида соединениям. В частности,

это относится и к неразъемным сварным соединениям ответственных конструкций, работающих в режимах высоких многоцикловых и знакопеременных нагрузках. Многие силовые узлы, подвергающиеся такому воздействию, выполняются из титановых сплавов, поскольку они обладают оптимальным сочетанием механических и весовых параметров. Однако сами сварные соединения обладают высокой твердость и малой пластичностью, а также имеют высокие остаточные напряжения, полученные вследствие локального расплавления. Все эти факторы приводят к разрушению сварного шва при его нагружении. Уменьшить влияние этих факторов возможно несколькими путями, один из которых является микролегирование, которое позволило бы преобразовать внутреннюю структуру материала.

Редкоземельные металлы (РЗМ) отличает особое электронное строение, связанное с 4fуровнем и размером ядра атома, которые позволяют проявлять уникальное сочетание свойств. Поэтому целью данной работы является изучение влияние гадолиния на структуру и свойства сварного соединения опытного жаропрочного титанового сплава.

В работе показано, что макроструктура сварного шва (СШ) на образцах из сплавов без Ga и с0,2%Ga видна четко выраженная зеренная структура, в отличие от сплава с 0,05%Ga, что, по-видимому, обусловлено формированием более мелкой структуры. Для сплава не содержащего гадолиния характерна разнозернистость (присутствие зерен, отличающихся по размеру в несколько раз).

В тоже время микроструктура основного металла, зоны термического влияния и сварного шва образцов с различным содержанием гадолиния в исходном состоянии (т.е. после сварки. Установлено, что микроструктура основного металла и зоны термического металла практически не отличается для сплавов с разным содержанием гадолиния, которая представлена α-твердым раствором и небольшим количеством частиц β-фазы. Структура сварного шва отличается по размеру исходного β-зерна: наименьший размер наблюдается в образце с 0,05% Gd. Внутризеренная структура представлена тонкими пластинками α-фазы, формирующимися в процессе охлаждения на воздухе. В исходном состоянии твердость всех трех зон практически не отличается и находится на высоком уровне 42-43 ед. HRC. Высокий уровень твердости сварного соединения обусловлен формированием в процессе охлаждения после сварки на воздухе дисперсной структуры основного металла – деформационным упрочнением, т.к. производилась сварка неотожженных листовых заготовок. На следующем этапе работы была проведена термическая обработка, которая позволила приблизить структуру сварного шва и зоны термического влияния к основному металлу, а также уменьшить остаточные макронапряжения.

Особенности получения длинномерных пластин при сварке взрывом с воздействием ультразвука

Дородников А.Н., Кузьмин Е.В.
ВолгГТУ, каф. ОиТСП
e.v.kuzmin@yandex.ru

При проведении экспериментов по изучению влияния масштабного фактора на структуру и свойства сваренных взрывом соединений в качестве исходных материалов применялись пластины из отожженной меди М1 размерами: 3,5×250×700 мм – метаемая; 3,5×200×650 мм – неподвижная. Сварку взрывом с воздействием ультразвука производили по схеме с встречно-направленным распространением ультразвуковых колебаний. Для сравнения полученных результатов исследования одновременно производили сварку взрывом контрольных медных пластин таких же размеров на идентичных режимах взрывного нагружения, но без воздействия ультразвука. Контроль скорости детонации взрывчатого вещества осуществляли электроконтактным методом с регистрацией времени при помощи электронно-счетных частотомеров.

Полученные результаты исследований показали, что при сварке взрывом с одновременным воздействием ультразвука крупногабаритных медных пластин наблюдается аналогичный эффект, как и при сварке модельных образцов небольших

размеров, характеризующийся увеличением прочности соединения, микротвердости металла околошовной зоны и уменьшением параметров волн, количества оплавленного металла по сравнению с контрольными пластинами, сваренными без воздействия ультразвука на идентичных режимах.

Экспериментально установлено, что по всей длине медной пластины после сварки взрывом с одновременным воздействием ультразвука наблюдается увеличение прочности соединения М1+М1 по сравнению с контрольной пластиной, сваренной без воздействия ультразвука. Так, среднее значение прочности соединения медных образцов с воздействием ультразвуковых колебаний составляло 270 МПа, тогда как при сварке без применения ультразвука среднее значение прочности соединения меньше – 214 МПа. При этом следуетотметить, что при сварке взрывом с одновременным воздействием ультразвука по длине пластины значение прочности соединения практически постоянно, а при сварке взрывом без применения ультразвука наблюдается снижение прочности с 229 МПа – в начале пластины до 198 МПа – в конце пластины вследствие увеличения количества хрупкого оплавленного металла на границе соединения.

Металлографические исследования показали, что при сварке взрывом с одновременным воздействием ультразвука по всей длине соединения М1+М1 параметры волн и количество оплавленного металла значительно меньше по сравнению с контрольной пластиной, сваренной без применения ультразвука.

Результаты измерения микротвердости *HV* в ОШЗ показали, что при сварке взрывом с одновременным воздействием ультразвука ее значение по длине медной пластины постоянно, составляющее около 197 кГс/мм^2. При сварке взрывом без применения ультразвука на идентичных режимах взрывного нагружения значение микротвердости *HV* в ОШЗ контрольной медной пластины несколько меньше, составляющее 175 кГс/мм^2 – в начале пластины и 187 кГс/мм^2 – в конце пластины.

Работа выполнена при финансовой поддержке российского фонда фундаментальных исследований, проект № 15-08-09438А "Исследование влияния высокочастотных акустических волн на формирование и структуру зоны соединения одно- и разнородных металлов в условиях взрывного нагружения (при сварке взрывом)", а также при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках “Совета по грантам Президента РФ” (СП-1940.2016.1).

Влияние дополнительного легирования водородом на температуру полиморфного превращения сплава на основе интерметаллида титана Ti_2AlNb[4]

Демаков А.А., Орлов А.А., Умарова О.З.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Скворцова С.В.
МАИ, каф. МиТОМ
umarovaoz2014@gmail.com

Применение орторомбических сплавов титана для изготовления изделий авиационной техники в настоящее время ограниченно в связи со сложностями, с которыми сталкиваются технологи при получении и обработке таких материалов. Помимо сложностей в металлургическом производстве, невысокая технологичность орто-сплавов при обработке давлением затрудняет получение полуфабрикатов с гарантированным уровнем свойств и требует применения высокомощного оборудования. Исследования, посвященные легированию титановых сплавов водородом, показали, что введение водорода благоприятно сказывается на технологической пластичности сплавов, что способствует эффективному процессу пластической деформации при более низких температурах обработки. Поэтому изучение влияния водорода на структуру и свойства орто-сплавов является актуальной задачей, так как данные сплавы, обладающие более высокими удельными прочностными свойствами, могут заменить жаропрочные стали.

[4] Работа выполнена на оборудовании ЦКП «АКМиТ» МАИ.

В работе проводилось исследование влияния дополнительного легирования водородом на температуру полиморфного превращения (Тпп) сплава на основе интерметаллида Ti_2AlNb.

Исследования проводили на образцах, вырезанных из прутка диаметром 60 мм сплава ВТИ-4 (Ti-12Al-41,2Nb-0,89Mo-0,83V-1,27Zr-0,13Si, % (здесь и далее масс.%)). Наводороживающий отжиг проводили в среде молекулярного водорода в установке Сивертса до концентраций 0,1; 0,2; 0,3 и 0,4%.

Структура исходного полуфабриката представлена мелкодисперсной смесью β- и О-фаз. При легировании сплава 0,1 и 0,2% водорода фазовый состав также представлен смесью двух фаз, однако с повышением концентрации водорода происходит уменьшение объемной доли β-фазы, при этом параметр *a* решетки β-фазы увеличивается с 0,3240 до 0,3317 нм, что свидетельствует о растворении некоторого количества водорода в решетке β-фазы. Оставшаяся часть водорода растворена в О-фазе, о чем можно судить по увеличению объема её ячейки с 0,2675 $нм^3$ в сплаве без водорода до 0,2721 $нм^3$. При введении в сплав 0,3 и 0,4% водорода в структуре сплава не зафиксировано наличие β-фазы, а объем ячейки О-фазы увеличивается до 0,2758 $нм^3$.

Температуру полиморфного превращения определяли методом пробных закалок. На первом этапе закалку проводили в интервале температур 1250°-800°С с шагом 50°С. Затем разбивали определённые интервалы на 10°-20°С для более точного анализа. Установлено, что температура перехода β→(β+О) в сплаве ВТИ-4 без водорода составила 1045°С, а при содержании водорода 0,1% – 990°С. В сплаве, содержащем 0,2% водорода, при температуре 1070°С происходит переход из однофазной β-области в трехфазную (О+β+α_2)-область, а с увеличением содержания водорода температура β→(О+β+α_2) перехода увеличивается до 1140° и 1165°С для 0,3 и 0,4% водорода, соответственно.

Проведенные исследования показали, что при содержании водорода в сплаве ВТИ-4, не превышающем 0,1%, водород стабилизирует β-фазу, и Тпп сплава понижается на 55°С. Однако с увеличением содержания водорода от 0,2 до 0,4% температура перехода из однофазной β-области в многофазную увеличивается, при этом в структуре сплава появляется α_2-фаза, которая без водорода не образуется. Таким образом, несмотря на то, что водород является β-стабилизатором, при его содержании более 0,2% повышается устойчивость упорядоченных О- и α_2-фаз и расширяется область их существования.

Электроимпульсная технология энергонасыщения наноструктурированных сред

Дителева А.О., Кукушкин Д.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Слепцов В.В.
МАИ, каф. РТН
anna.diteleva@mail.ru

Известно, что количество энергии и виды ее проявления определяют основные свойства системы. В работе ставится задача исследовать энергонасыщенность наноструктурированых сред с позиции устойчивости структурных уровней атом-плазма-ядро. В соответствии с современными представлениями в результате поглощения системой энергии возникает последовательность изменения структурных уровней системы, которая наиболее полно представлена в описании квантовой лестницы В. Вайскопфом. В. Вайскопф показал взаимозависимость иерархических структурных уровней и необходимость трактовать материальную систему как сложную многоуровневую систему. Так, например, известно, что даже при комнатной температуре в любом газе присутствуют ионы, которые относятся к структурному уровню «плазма».

В качестве объекта исследования в работе использовался пузырек газа, помещенный в жидкую среду, к которому энергия подводится в виде импульса электрического тока. В качестве методики исследования использовали зависимость скорости нагрева объема жидкости, окружающий пузырек газа, в котором происходил импульсный газовый разряд.

Максимальная скорость нагрева 100 мл воды составляла 2 ÷ 2,5 °С/мин. На основании этих данных был проведен оценочный расчет температуры в пузырьке,

который составил ~ 10^8 К. Установлено, что с течением времени скорость нагрева воды уменьшается. Предположено, что это связано с тем, что уменьшается электрическое сопротивление воды в результате насыщения ее ионами и нанокластерами металла.

При предварительной оценке температуры в пузырьке получен результат, который позволяет сделать предположение о значительной энергонасыщенности пузырька в сравнении с окружающей средой.

Такая величина температуры в пузырьке и механизм электрогидравлического разряда, который включает в себя эффект кавитации, позволяют сделать предположение о появлении в этой системе структурного уровня, находящегося по квантовой лестнице В. Вайскопфа выше уровня «плазма», т.е. выйти на уровень «ядро».

Для проверки этой гипотезы вместо обычной воды была использована дейтерированная вода. Эксперимент был поставлен близкий к работам академика Р.И. Нигматулина, которые были опубликованы в УФН по проведению термоядерной реакции в газовом пузырьке.

В результате экспериментов было показано, что зависимость скорости нагрева воды и дейтерированной воды существенным образом отличаются. При работе с дейтерированной водой появляются участки, где нагрев воды начинает резко возрастать, что никогда не происходит в обычной воде.

Проведенные в работе оценочные расчеты показали, что наблюдаемый эффект не может быть достигнут за счет прохождения химических реакций с выделением тепла. Для возникновения наблюдаемых эффектов необходимо протекание процессов, обладающих существенно более высокими энергетическими характеристикам.

Представленные результаты нуждаются в последовательной тщательной экспериментальной проверке и теоретической проработке.

Электроимпульсная технология получения наночастиц металлов

Дителева А.О., Кукушкин Д.Ю, Цырков Р.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Слепцов В.В.
МАИ, каф. РТН
Skyline34@nxt.ru

Наноразмерные кластеры разных материалов в настоящее время активно начинают использовать в различных областях науки и техники. Это связано с тем, что они обладают свойствами существенно отличными от массивных материалов. Нелинейные оптические и электрофизические характеристики, уникальная биоактивность и в ряде случаев селективность воздействия, возможность изменять спектр оптического излучения только за счет размера частицы определяют широкий диапазон научного и практического использования.

Поэтому количество методов и технологий синтеза кластеров металлов в последнее время резко увеличилось. Однако большинство методов основано на физико-химических процессах формирования кластеров металлов из химического соединения, что приводит к появлению в конечном продукте соответствующих противоионов, которые могут влиять на свойства кластеров. Поэтому актуальной своевременной является разработка электроимпульсного метода получения нанокластеров металлов и исследование их свойств.

В электронике и биотехнологии очень важна чистота используемых материалов, где даже сверхмалые примеси могут существенно влиять на свойства изучаемых объектов. Для решения поставленной задачи необходимо было разработать метод диспергирования металлов в жидкой среде, позволяющий создавать особочистые растворы наночастиц с заданными свойствами для дальнейшего применения в микроэлектронике и биотехнологиях.

Для достижения указанной цели решался комплекс следующих задач:

– исследование процесса электроразряда в жидкой среде;

– создание соответствующего оборудования и технологии, обеспечивающей генерацию наночастиц в жидкой среде. В качестве основного генерирующего воздействия

предлагается использовать локальный импульсный высоковольтный разряд в жидкой среде;

– исследование влияния основных технологических параметров синтеза на свойства наноструктурированного материала;

– разработка технологии контроля растворов наночастиц в жидкой среде;

– изучение электрофизических и биологических свойств полученных наноструктурированных материалов;

Получены растворы различных металлов в жидких средах в нанодисперсном состоянии обладающие высокой стабильностью, чистотой и заданной дисперсностью. Получены положительные результаты биологических исследований синтезированных растворов. Показана возможность использования дисперсий в накопителях энергии с двойным электрическим слоем.

Разработка и испытание электродного материала для сверхъемких конденсаторных структур

Дителева А.О., Кукушкин Д.Ю., Цырков Р.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Слепцов В.В.
МАИ, каф. РТН
poma1992@yandex.ru

В настоящее время актуальной становится проблема создания мобильных источников тока для широкого класса потребителей (энергетика, транспорт, электроника, медицина и тд.).

Перспективными системами, которые имеют наиболее широкий объем практического применения, являются химические источники тока (ХИТ) и накопители на основе конденсаторных структур (ионисторы, электролитические конденсаторы и керамические конденсаторы).

В последнее время возрос интерес к гибридным источникам тока, состоящим из ХИТ и конденсаторной структуры. Это связано с тем, что ХИТ имеют ограничения по удельной мощности, но являются лидерами по удельной энергоемкости, а конденсаторы имеют существенно меньшую удельную энергоемкость, но являются чемпионами по удельной мощности. Поэтому интеграция их в едином энергоблоке является актуальной и своевременной задачей.

Одним из своевременных базовых элементов ХИТ и конденсаторных структур является электродный материал, который существенным образом определяет параметры ХИТ и конденсаторных структур.

Поэтому задачей проекта является разработка базовой конструкции электродного материала на основе углеродной ткани типа «Бусофит», который принципиально может быть использован для ХИТ и конденсаторных структур.

Для решения поставленной задачи были выполнены следующие работы:

1. Проведена теоретическая оценка удельной энергоемкости ХИТ и конденсаторных структур;

2. Использована вакуумная и электроимпульсная технологии металлизации суперпористого материала типа «Бусофит»;

3. Изготовлены образцы конденсаторов и измерены их параметры

В результате выполнения работы показано, что комплекс вакуумной и электроимпульсной технологии металлизации позволяет покрывать суперпористый материал без снижения его исходной пористости. Изготовленные образцы свидетельствуют о получении низкого внутреннего сопротивления ESR не выше 0,04 Ом, и удельной емкости 3-4 Ф/см^2.

Полученные результаты позволяют сделать заключение, что углеродный материал типа «Бусофит» является перспективным электродным материалом для ХИТ и конденсаторных структур.

Формирование фазового состава, текстуры и анизотропии свойств в листах Al-Li сплавов В-1469 и 1441, используемых в слоистых алюмостеклопластиках типа СИАЛ

Долгова М.И., Кабанова Ю.А.
МАИ, Москва
dolgowami@gmail.com

Одной из серьезных проблем применения алюминий-литиевых сплавов является выраженная анизотропия свойств, которую связывают с особенностями формирования текстуры и фазового состава в листах средне прочного ресурсного сплава 1441 (1,8Li-1,8Cu-0,9Mg) и высокопрочного сплава 1469 (1,8Li-1,8Cu-0,9Mg), которые рассматриваются как перспективные для использования в СИАЛах и в гибридных слоистых верхних и нижних панелях крыла с частичным армированием СИАЛом. Тонкие листы толщиной 0,3 мм из сплава 1141 и 1,5 мм из сплава 1469 получали поперечно-продольной (по отношению к оси слитка) прокаткой на ОАО «КУМЗ», затем их подвергали термообработке: закалке, растяжению с остаточной деформацией 1,5-2,0 % и двухступенчатому искусственному старению. Измерения периодов решетки α-твердого раствора осуществляли в фильтрованном CuK_{α}-излучении и использованием рефлекса (511)/(333) с углом дифракции θ~80-81^0. Текстуру оценивали с помощью обратных полюсных фигур (ОПФ) для трех направлений листа: нормали к плоскости прокатки (НН), направления прокатки (НП) и поперечного направления (ПН). С помощью уравнения Селякова-Шеррера размеры частиц этих фаз оценены в ~3 и ~40 нм соответственно для δ'- и T_1-фаз. Обе интерметаллидные фазы когерентны матрице, о чем свидетельствуют интенсивности соответствующих рефлексов матрицы и интерметаллидов с учетом известных ориентационных соотношений. Измерения количества интерметаллидных фаз в сплавах на основании измерения периода решетки твердого раствора показали, что в сплаве 1469 количество δ'-фазы варьируется в пределах 7,3-8,1%, а T_1-фазы 5,0-5,9%, а в сплаве 1441 δ'–фазы в пределах 18,2-18,5%, а T_1-фазы 0-0,4%. В сплаве В-1469 прочностные свойства на 160-200 МПа выше, чем у сплава 1441. Количественные характеристики фазового состава позволили установить, что упрочняющий эффект T_1-фазы в 4-4,5 раза выше, чем δ'–фазы. Прочность и предел текучести в долевом направлении для 1469 на 5% выше, а в сплаве 1441 на 5% ниже, чем в поперечном направлении. Для объяснения причин заметной анизотропии прочностных свойств в листах сплавов рассчитывали из количественных текстурных данных ориентационные факторы упрочнения – факторы Закса. Показано, что для объяснения анизотропии сплавов необходимо учитывать деформацию скольжением по {111}<110> для твердого раствора, скольжение по системе {001}<110> для упорядоченной δ'- фазы, а также базисное скольжение гексагональной T_1-фазы. Такая модель может объяснить также тот факт, что только для сплавов Al-Cu-Li с текстурой «латуни» имеет место наиболее выраженная анизотропии свойств, при том что такая текстура в других сплавах алюминия не дает аномальной анизотропии.

Влияние сварки трением с перемешиванием на формирование текстуры, фазового состава и остаточных напряжений в сплаве 1469 системы Al-Cu-Li

Долгова М.И.[1], Кабанова Ю.А.[1], Пантелеев М.Д.[2]
МАИ[1], ВИАМ[2], Москва
dolgowami@gmail.com

Сплавы системы Al–Cu-Li находят широкое применение в аэрокосмической технике благодаря уникальному сочетанию низкой плотности, требуемой прочности и исключительно высоких по сравнению с другими алюминиевыми сплавами значений упругих модулей. Практически важные результаты получены при исследовании формирования фазового состава в соединениях из Al-Cu-Li сплавов, полученных сваркой трением с перемешиванием (СТП). Проведены исследования распределения текстуры, фазового состава и твердости в различных зонах сварного шва, зоны термического

влияния (ЗТВ) и основного металла. Было обнаружено, что количественный фазовый анализ является чувствительным к выявлению структурно-фазовых особенностей СТП. Обнаружено, что эффект разупрочнение в результате процесса СТП обусловлен комплексным воздействием сдвиговой деформации и температуры, при этом в зоне шва и ЗТВ происходит уменьшение количества T_1-фазы и увеличение доли дельта-штрих -фазы. Это также сопровождается изменением типа текстуры от компонентов текстуры прокатки основного металла (ОМ)и ЗТВ к текстуре сдвига в зоне термомеханического воздействия (ЗТМВ). Текстурные изменения в материале свидетельствуют о деформационных процессах в ЗТМВ, изменения фазового состава обусловлены комплексным воздействием деформации и нагрева. Максимальный эффект разупрочнения наблюдается в переходной области между ЗТМВ и ЗТВ (ЗТМВ/ЗТВ), для которой характерно минимальное количество T_1-фазы, составляющее 0,9-1,8%, при этом в ЗТМВ количество T_1-фазы составляет 2,6-3,8%, а в ОМ достигает 7% . Этот эффект обусловлен тем, что ЗТМВ/ЗТВ испытывает достаточно высокие температуры нагрева в отсутствии деформационного воздействия, что способствует выделению преимущественно дельта-штрих - фазы, которая является менее эффективным упрочнителем по сравнению с T_1-фазой. В ЗТМВ наличие деформационного и термического воздействия приводит к выделению большего количества T_1-фазы и соответственно большей прочности. В поперечном сечении (перепендикулярном линии шва) в ЗТМВ наблюдали сжимающие напряжения, величина которых не превышала 20 МПа, в переходной зоне ЗТМВ/ЗТВ присутствовали растягивающие напряжения, достигающие 50 МПа. Более высокие растягивающие напряжения наблюдали в долевом сечении (параллельно шву).

Совершенствование технологии термоводородной обработки компонентов пар трения из титанового сплава ВТ6

Довгенко Н.П., Нейман А.П., Сафарян А.И.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Мамонов А.М.
МАИ, каф. МиТОМ
mmkn@mail.ru

Титановые сплавы имеют ряд преимуществ перед другими конструкционными сплавами. Высокая удельная прочность и коррозионная стойкость делают титановые сплавы незаменимыми в ряде областей техники, в том числе авиации. Однако эти преимущества в узлах трения эндопротезов суставов могут быть реализованы только в случае достижения высоких триботехнических характеристик. Учитывая специфику физико-химических свойств титана и его сплавов, эту задачу можно решить только технологическими методами.

Высокие триботехнические характеристики достигаются комплексной технологией обработки, включающей термоводородную обработку и вакуумное ионно-плазменное азотирование. ТВО обеспечивает формирование мелкодисперсной структуры с высокой твердостью. Модифицирование поверхностных слоев устраняет хрупкую оксидную пленку, которая легко разрушается при воздействии высоких контактных нагрузок, что приводит к засорению зоны контакта шарнирного соединения и его повышенному износу.

Элементы шарнирного соединения изготавливаются из прутка сплава ВТ6. Горячекатаный пруток сплава ВТ6 имеет исходную глобулярную или глобулярно-пластинчатую структуру со средним размером частиц α-фазы в диапазоне 3…5мкм. Твердость прутка составляет 28-32 ед. HRC. Химический состав соответствует ГОСТ19807-91.

Термоводородная обработка преобразует исходную структуру в структуру с мелкодисперсной α-фазой размером 0,1-0,5 мкм, равномерно распределенной в объеме β-зерна. Такая структура обеспечивает уровень твердости 36-44 ед. HRC. В то же время при таком широком диапазоне значений твердости возникают трудности на этапе механической обработки. На заготовках, обладающих минимальной твердостью наблюдается эффект наволакивания и увеличение продолжительности финишной

обработки, а на заготовках с максимальной твердостью выкрашивания и глубокие царапины.

Интервал значений твердости после ТВО объясняется различным содержанием алюминия в исходных прутках (по ГОСТ 19807, значение алюминия 5,3…6,8 %масс.). При сравнении результатов металлографического анализа структуры и измерения твердости заготовок была выявлена закономерность повышения величины твердости и наличия α-оторочки с повышением содержания алюминия. Повышение твердости с ростом концентрации в сплаве алюминия при одинаковой степени дисперсности структуры объясняется более сильным твердорастворным упрочнением. Повышение содержания алюминия также снижает размеры и сплошность α-оторочки, наличие которой приводит к снижению твердости.

Коррекция температуры вакуумного отжига в зависимости от содержания алюминия позволяет повысить качество заготовок. Для заготовок с содержании алюминия ≤5,8% необходимо понижение температуры вакуумного отжига с 650ºС до 630ºС, при содержанииAl≥6,2% необходимо повышения до 680ºС, это позволяет создавать во всех заготовках из сплава ВТ6 одинаковую структуру с мелкодисперсной α-фазой и тонкой фрагментированной α-оторочкой по границам исходных β-зерен. В свою очередь это обеспечивает сужение интервала изменения твердости заготовок из разных партий с36-44 ед. HRC до 39-41 ед. HRC. Сужение диапазона значений твердости заготовок позволяет повысить технологичность, экономическую эффективность и снизить процент продукции, уходящей в брак.

Компьютерное моделирование объёмной штамповки компонента эндопротеза коленного сустава

Дятлов А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Поляков О.А.
Ступинский филиал МАИ
lesha.dyatlov.ozz@mail.ru

В современном эндопротезирование постоянно возникает необходимость в изготовление новых видов продукции, где используются всё более совершенные и сложные детали. Появление новой нетиповой номенклатуры всегда вызывало трудности у инженеров и технологов предприятий не только при запуске производства, но и на этапах разработки.

Использование титановых сплавов для изготовления имплантируемых в организм человека конструкций различного назначения, воспринимающих нагрузки различного характера, связано с необходимостью решения ряда металловедческих, технологических и конструкторских задач. К таким конструкциям относятся элементы эндопротеза коленного сустава, конструкция которого разработана в ЗАО «Имплант МТ», в частности его бедренный метафизарный дистальный компонент (БМДК).

Важнейшими эксплуатационными свойствами рассматриваемого компонента являются высокое сопротивление усталости, износостойкость, механическая совместимость с костными структурами и др. Эти свойства в решающей степени определяются структурой материала, технологией получения заготовки и последующей обработки изделий. Учитывая достаточно сложную геометрию БМДК, необходимость минимизации объёмов механической обработки и высокие требования к физико-механическим свойствам готового изделия, наиболее приемлемым видом полуфабриката являются штампованная заготовка.

В работе разработана технология штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе заготовки БМДК из титанового сплава ВТ6, с моделированием формообразующих процессов в отечественной CAE - системе QForm3D. По чертежам БМДК была спроектирована универсальная поковка, с построением её цифрового прототипа в программной среде приложения Autodesk Inventor Pro и сконструированы штамповые вставки. Предложенная технология позволит более чем в два раза увеличить коэффициент использования материала (КИМ), 0,36, по сравнению с

действующей технологией изготовление БМДК из прутка, для которой КИМ составляет всего 0,15.

В процессе компьютерного моделирования были оценены распределения полей температур, средних напряжений и распределение накопленной деформации по объёму поковки. Установлено, что температура внутри поковки распределена равномерно и не превышает 1100°С, что исключает возможность пережога металла. Напряжения внутри поковки только сжимающие, их значения относительно одинаковы, явные локальные концентраторы напряжений отсутствуют. Распределение накопленной деформации относительно равномерно и лежит в диапазоне 2 – 2,7. Эти факторы позволяют прогнозировать получения поковки без каких-либо дефектов, с высоким комплексом механических и эксплуатационных свойств.

Анализ технологических режимов производства листовых полуфабрикатов на основе алюминиевых сплавов для средств индивидуальной бронезащиты

Еремеев Н.В., Кондюков С.Л., Сайфутдинов Р.Р.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Еремеев В.В.
МАИ, каф. ТОМД
sezoom@mail.ru

Существует необходимость создания материалов, имеющих повышенную жесткость, прочность и устойчивость к высоким температурам, свойства позволяющие заменить в конструкциях такие материалы как титан и сталь.

Очевидным является положение, что основную роль в формировании эксплуатационных характеристик играют сдвиговые напряжения и деформации, а как показывает опыт работ, кардинальное повышение комплекса механических свойств и измельчение литой зеренной структуры возможно за счет интенсификации сдвиговых деформаций в процессе прессования полуфабрикатов.

Таким образом, прессование из цилиндрического слитка полосы, позволит в значительной степени проработать литую структуру сплава, измельчить фазовые включения и в результате обеспечить необходимый уровень пластических свойств, для дальнейшей прокатки листов. Одновременное воздействие сжимающего гидростатического давления и интенсивных деформаций сдвига благоприятно влияет на процессы образования соединения в твердой фазе и модифицированию зеренной структуры в исходных заготовках средствами интенсивной пластической деформации.

Естественна тенденция к увеличению деформации сдвига и обеспечению однородности свойств различными методами [1,2]. При реализации схемы введения в процесс прессования дополнительных сдвиговых деформаций можно создать напряженно-деформированное состояние, близкое к напряженно-деформированному состоянию «чистый сдвиг», в значительной части деформируемой среды, что позволит существенно повысить комплекс механических свойств, измельчить зеренную структуру металлов до наноразмеров.

Отличительным достоинством разрабатываемой технологии, в отличие от аналогов, является возможность регулирования в процессе деформации значительным рядом факторов и, соответственно, получать в конечном изделии оптимально возможные для данного материала характеристики. При этом данная технология реализуется с использованием традиционного оборудования.

роведенные экспериментальные исследования влияния химического состава сплавов на структуру и механические характеристики листов позволили определить оптимальные составы:

– сплав 0-03, в масс.%: Zn 10; Mg 2.7: Cu 1.8; Mn 0.4: Cr 0.17: Zr 0.15. Hf 0.3; Be 0,003.

– сплав 0-05, в масс.%: Zn 10; Mg 2,5; Cu 1.7; Mn 0.4; Cr 0.25: Zr 0.15. Hf 0.25; Be 0,003.

Структура, полученная за счет модификации сплавов 0-03 и 0-05. в процессе деформации позволяет получить совокупный высокий уровень прочностных,

пластических и вязкостных характеристик. (Исследования на пулестойкость проводились в НПП «Класс».)

1. Петров А.П., Еремеев В.В., Беспалов А.В. Возможности конечно элементного моделирования винтового прессования// Технология легких сплавов. 2007. с. 121-125.

2. Бережной В.Л. Технологический анализ способов прессования через матрицу с поперечными напряжениями трения, кручения и сдвига/ Технология легких сплавов. 2007. с. 84-90.

Плазменно-электролитическое формирование наноструктурированной поверхности на титане для отвода экстремальных потоков тепловой энергии

Желтухин А.В., Ковалёв И.А., Коробейников Е.В.
Научные руководители – доцент, д.т.н. Эпельфельд А.В.; профессор, д.т.н. Людин В.Б.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
s3321@mail.ru

В технологических процессах, проходящих при экстремально-высоком тепловыделении, для отвода тепла широко применяется эффект поверхностного кипения жидкости. Интенсификация процесса теплоотдачи при таком кипении обеспечивается за счет использования структурированных пористых или микроканальных поверхностей. Характерный размер таких структур должен быть соизмерим с размером паровых пузырьков [1].

Одним из способов структуризации металлической поверхности является ее плазменно-электролитическое модифицирование методом микродугового оксидирования (МДО). В процессе МДО поверхностный слой обрабатываемого материала трансформируется в наноструктурированное оксикерамическое покрытие с регулируемой (за счет изменения технологических параметров процесса МДО) пористостью. Размер пор в МДО-покрытии составляет от 100 нм до нескольких микрометров, что позволяет использовать такие поверхности для интенсификации процессов поверхностного кипения жидкостей.

МДО-покрытия толщиной ~10 мкм и пористостью ~50 % формировались на поверхности прямоугольных образцов фольги толщиной 0,2 мм и размером 30х4 мм, изготовленных из титана марки ВТ1-0, в силикатно-щелочном электролите в анодно-катодном режиме (50 Гц). Эксперименты проводились в дистиллированной деаэрированной воде при атмосферном давлении в канале, имеющем форму прямоугольного параллелепипеда с размерами 70х21х5 мм. Нагрев образцов осуществлялся путем пропускания через них постоянного тока до 200 А при напряжении до 12 В. Сравнивалась теплоотдача для образцов с МДО-покрытием и без. Диапазоны режимных параметров составляли: массовая скорость ρw до 650 кг/(м^2·с); рабочее давление $P \approx 0{,}1$ МПа; недогрев воды до температуры насыщения $\Delta t_н$ = 30–75 °С; плотность теплового потока q = 0,7–5 МВт/м^2. Тепловизором измеряли распределение температуры на наружной поверхности образца, а затем с учетом внутреннего тепловыделения рассчитывали температуру его внутренней поверхности.

В результате проведения экспериментальных исследований было установлено, что (вне зависимости от наличия или отсутствия МДО-покрытия на поверхности нагрева) при увеличении q от 1,5 до 3,5 МВт/м^2 плотность центров парообразования на исследуемых образцах возрастает от $\sim 1 \cdot 10^4$ до $\sim 3 \cdot 10^4$ см$^{-2}$·с$^{-1}$ (при $\Delta t_н$ = 30–75 °С). Характер распределения пузырьков пара по размерам при $\Delta t_н$ = 75 °С, ρw = 650 кг/(м^2·с) и q = 3,6 МВт/м^2 также был практически одним и тем же для образцов с МДО-покрытием и без (максимум пузырьков были размером около 100 мкм при среднем размере 175 мкм). Тем не менее, анализ экспериментальных зависимостей плотности теплового потока q от перегрева стенки $\Delta t_с$ (кривые кипения) показал, что плазменно-электролитическое модифицирование поверхности титана значительно интенсифицирует теплоотдачу. Так, при $\Delta t_с$ = 25 °С плотность теплового потока увеличивается с 1,2 МВт/м^2 для металлической поверхности до 2,7 МВт/м^2 для МДО-покрытия.

Таким образом, наноструктурированная методом микродугового оксидирования поверхность на титане более чем в два раза интенсифицирует теплоотдачу.

Литература

1. Kim D.E., Yu D.I., Jerng D.W., Kim M.H., Ahn H.S. Review of boiling heat transfer enhancement on micro/nanostructured surfaces//Experimental Thermal and Fluid Science. 2015. V. 66. P. 173–196.

Применение электролитно-плазменных технологий для обработки поверхности применительно к деталям ГТД

Желтухин Р.В., Кондрацкий И.О., Российская А.Д.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Эпельфельд А.В.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
a.rossiyskaya@yandex.ru

Электролитно-плазменная обработка (ЭПО) включает в себя перспективные методы модификации поверхностных слоев при производстве ответственных деталей газотурбинных двигателей (ГТД), такие как формирование и удаление (с целью ремонта) защитных покрытий, полирование рабочих поверхностей. ЭПО по сравнению с традиционными методами обладает более высокой эффективностью и экологичностью.

Использование ЭПО, реализующей метод *плазменно-электролитического (микродугового) оксидирования*, позволяет формировать на обрабатываемых поверхностях деталей, изготовленных из сплавов на основе Al, Ti, Mg, Zr и других вентильных металлов, керамикоподобные покрытия, более существенно по сравнению с традиционным анодированием повышающие их коррозионную стойкость, износостойкость и некоторые другие эксплуатационные характеристики [1]. В основе этого метода лежит использование энергии поверхностных электрических микроразрядов в электролите, в результате чего происходит плазмо-электрохимическое формирование оксикерамических слоев на обрабатываемой поверхности.

При производстве деталей ГТД с защитными вакуумными покрытиями различного назначения перед напылением основной операцией подготовки поверхности является ее полирование. Для деталей, изготавливаемых из стали, никелевых и реже титановых сплавов, эффективным является использование метода *электролитно-плазменного полирования*. Этот метод позволяет существенно сократить трудоемкость и продолжительность (до нескольких минут) процесса по сравнению с механическим полированием и получить обработанную поверхность высокого класса чистоты с шероховатостью R_a 0,1–0,2 мкм и ниже [2]. При таком полировании электрохимические процессы анодного растворения в сочетании с гидродинамическим воздействием парогазовой оболочки, образующейся в результате кипения электролита у обрабатываемой поверхности, обеспечивают кратное снижение высоты ее микронеровностей.

При ремонте лопаток ГТД актуальной проблемой является удаление с их поверхности защитных покрытий. В настоящее время применяется химическое разрыхление покрытия, а затем его удаление механическим путем. Этот метод является технически сложным, и, как правило, брак после удаления покрытия составляет 30–40 %. При *электролитно-плазменном удалении покрытий* протекают процессы схожие с теми, что имеют место при электролитно-плазменном полировании. В этом случае, шероховатость поверхности после удаления покрытия, как правило, снижается до величины, при которой становится возможным его повторное нанесение покрытий [2, 3].

Литература

1. Суминов И.В., Белкин П.Н., Эпельфельд А.В., Людин В.Б., Крит Б.Л., Борисов А.М. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов. В 2-х томах. Том II. – М.: Техносфера, 2011. – 512 с.

2. Парфенов Е.В., Невьянцева Р.Р., Горбатков С.А., Ерохин А.Л. Электролитно-плазменная обработка: моделирование, диагностика, управление. – М: Машиностроение, 2014. –380 с.

3. Будиновский С.А., Мубояджян С.А., Гаямов А.М., Косьмин А.А. Удаление жаростойких покрытий с поверхности пера лопаток турбин в водных малоконцентрированных растворах неорганических кислот//Технология металлов. 2006. № 11. С.40–45.

Микродуговое оксидирование алюминиевых сплавов в глиносодержащих электролитах–суспензиях

Желтухин Р.В., Кондрацкий И.О., Федичкин И.Д.
Научные руководители – профессор, д.т.н. Людин В.Б.; доцент, д.т.н. Эпельфельд А.В.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
garik0194@yandex.ru

Пламенно-электролитический метод микродугового оксидирования (МДО) позволяет формировать на сплавах Al, Mg, Ti, Zr и других вентильных металлов керамикоподобные защитные покрытия. При проведении процесса МДО в электролитах–суспензиях взвешенные частицы дисперсной фазы, входящие в состав электролитов, инкорпорируются в покрытие, существенным образом изменяя его характеристики.

Для изучения влияния добавок в щелочной электролит (2 г/л КОН) в качестве дисперсионной среды различных промышленных глин в качестве дисперсной фазы на свойства формируемых покрытий были проведены экспериментальные исследования, в ходе которых оксидировали образцы из алюминиевого сплава Д16. Всего было обработано пять групп образцов в различных электролитах. В пределах каждой группы образцы оксидировали в течение 1, 2, 3, 4 и 5 ч в анодно-катодном режиме при равенстве токов и их суммарной плотности 15 А/дм^2. Затем для сформированных МДО-покрытий определяли толщину, сквозную пористость, микротвердость и пробойное напряжение на постоянном и переменном токах. По полученным данным о толщине, продолжительности обработки и пробойном напряжении рассчитывали относительные показатели свойств покрытий, а именно: скорость их роста и электрическую прочность на постоянном $E_=$ и переменном $E_\sim$ токах. Всего исследовалось пять групп электролитов, обозначенных *I, II, III, IV, V*. В электролит *I* добавляли 9 г/л Na_2SiO_3 (силикатно-щелочной электролит, который, по сути, не являясь суспензией, взят для сравнения как широко применяемый в практике МДО), в электролиты *II* и *III* – соответственно 10 и 15 г/л глины кембрийской комовой ГКК (ТУ 5751-002-03987647-98; содержит 17,5 % Al_2O_3), в электролиты *IV* и *V* – аналогичное количество глины огнеупорной ДН-0 (ТУ У 08.1-00191796-001:2014; содержит 36,5 % Al_2O_3).

В результате проведенных исследований были получены следующие результаты.

Скорость роста МДО-покрытий в электролите *I* составила 0,51–0,6 мкм/мин, *II* – 0,43–0,54 мкм/мин, *III* – 0,52–0,68 мкм/мин, *IV* – 0,44–0,6 мкм/мин, *V* – 0,45–0,66 мкм/мин. При МДО-обработке образцов в течение 1 ч в электролитах *IV* и *V* у сформированных покрытий наблюдалась повышенная сквозная пористость (5 и 3,4 % соответственно) по сравнению с аналогичными образцами, полученными в электролитах *I, II, III* (1,4–2 %). При этом с увеличением продолжительности обработки в электролитах *I, II, IV, V* сквозная пористость покрытий существенно снижалась (*I* – до 0,9 %, *II* – до 0,8 %, *IV* – до 0,7 %, *V* – до 0,5 %). Наименьшую сквозную пористость имели МДО-покрытия, сформированные в электролите *III* (2 и 4 ч – 0,3 %, 3 ч – 0,6 %, 5 ч – 0,4 %).

МДО-покрытия, сформированные в электролитах–суспензиях *II*–*V*, имели в среднем более высокую микротвердость (*II* – 1350–1590 кг/мм^2; *III* – 1610–1830 кг/мм^2; *IV* – 1490–1860 кг/мм^2; *V* – 1540–1860 кг/мм^2), чем покрытия, полученные в силикатно-щелочном электролите *I* (1380–1470 кг/мм^2). Диапазоны изменения электрической прочности у МДО-покрытий, сформированных в электролитах–суспензиях, составили: *I* – $E_\sim$ = 2,8–5,1 и $E_=$ = 8,9–20 В/мкм; *II* – $E_\sim$ = 5–10 и $E_=$ = 14–25 В/мкм; *III* – $E_\sim$ = 4,1–4,7 и $E_=$ = 12,2–15,2 В/мкм; *IV* – $E_\sim$ = 3,3–6,6 и $E_=$ = 13,9–19,7 В/мкм; *V* – $E_\sim$ = 4–6,4 и $E_=$ = 14,3–20,5 В/мкм.

Таким образом, наибольшие скорость роста и микротвердость МДО-покрытий при наименьшей сквозной пористости и высокой однородности (характеризуется наименьшим

разбросом параметра электрической прочности) наблюдаются в электролите–суспензии с концентрацией кембрийской глины 15 г/л (электролит *III*), что позволяет его рекомендовать для формирования МДО-покрытий повышенного качества.

Микродуговое оксидирование титановых сплавов в многокомпонентных электролитах-суспензиях

Желтухин Р.В., Солодова Т.В.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Эпельфельд А.В.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
tanja_solodova@mail.ru

Микродуговым оксидированием (МДО) называют электрохимический процесс, использующий энергию электрических разрядов в электролите на подложке обрабатываемого материала. Данный способ нанесения позволяет получать керамикоподобные покрытия и регулировать составом, структурой и свойствами, а также использовать их в качестве коррозионностойких, износостойких и электроизоляционных покрытий.

ВТ1-0 является технически чистым сплавом на основе титана. В агрессивных средах он ведет себя исключительно за счет высокой коррозионной стойкости. Связано это с тем, что на поверхности сплава образуется тонкий слой оксидной пленки. По сравнению с некоторыми легированными сталями, титановые сплавы обладают высокой удельной прочностью, температурный диапазон которых может быть достаточно широким.

Несмотря на многочисленные достоинства, есть ряд недостатков, которые могут препятствовать более активному применению в различных областях, такие как низкие антифрикционные свойства и, касательно чистого титана, высокая химическая активность. Также сплавы на основе титана склонны к поглощению азота, водорода и углеродистого газа, что ухудшает физико-механические свойства за счет повышения температуры полиморфного превращения.

Для решения этих проблем в настоящий момент широко применяются различные альтернативные способы защиты поверхности сплавов за счет нанесения покрытий и модификации поверхности титановых сплавов методами вакуумного и газотермического анодирования, термического, химического и микродугового оксидирования.

В настоящее время активно развивается метод микродугового оксидирования в электролитах различной степени дисперсности порошков, которое представляет собой отдельное направление в области МДО-технологий. Формированию МДО-покрытий в таких электролитах–суспензиях присущ особый механизм. Он влияет не только на их структуру и свойства, но и на скорость формирования.

В данной работе проводились исследования зависимости характеристик МДО-покрытий на титановом сплаве ВТ1-0 от концентрации нерастворимого компонента (НРК) в электролите. В нерастворимом компоненте использовалась смесь частиц оксидов алюминия, магния, кремния, железа, кальция с дисперсностью в диапазоне от 0,1 до 10 мкм.

Анализ полученных данных показал, что введение НРК в электролит на основе гидроксида калия существенно влияет на характеристики покрытий. Увеличение толщины МДО-слоя по сравнению с таковым, полученным в щелочном электролите без добавки НРК, может достигать 30 %. Наблюдается также снижение сквозной пористости покрытий, в некоторых случаях до величины 2–3 %.

Обнаружено, что концентрация НРК в электролите определяет сужение некоторых технологических параметров процесса МДО. Так, предельная продолжительность процесса оксидирования до начала момента растравливания покрытия при введении в электролит НРК уменьшается с 20–40 до 5–6 минут.

Технология производства поршней двигателей внутреннего сгорания из заэвтектического силумина АК18 методом фасонного литья

Жидович А.О., Мельникова Д.Д., Смирнова Е.Ю
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Осинцев О.Е.
МАИ, каф. МиТОМ
L10012012@ya.ru

Силумин АК18 комплексно легированный сплав. К его преимуществам в качестве материала для поршней двигателей внутреннего сгорания (ДВС) можно отнести высокую износостойкость, низкий коэффициент линейного термического расширения (КЛТР), высокую термостойкость, низкую плотность, за счет повышенного содержания кремния. Легирование медью ведет к повышению усталостной прочности, увеличению теплопроводности, улучшению литейных свойств сплава, что снижает стоимость производства. Легирование магнием и никелем повышает жаропрочность и увеличивает износостойкость отливок.

Процесс получения поршней ДВС из сплава АК18 включает следующие технологические операции: плавка шихты, легирование, рафинирование, модифицирование, литье в кокиль, механическая обработка фасонных отливок, их термическая обработка, контроль качества и определение свойств отливок.

Основным недостатком отливок из сплава АК18 является неравномерное, а иногда строчечное, выделение крупных первичных кристаллов кремниевой фазы (100-300 мкм) в виде многогранников, вызывающее снижение механических свойств (особенно пластичности), что приводит к появлению трещин, и затрудняет механическую обработку из-за повышенной твердости. Модифицирование фосфором совместно с ультразвуковой обработкой позволяет значительно уменьшить размер частиц кремниевой фазы до 50 мкм, устранить ее строчечность, а также способствует ее равномерному распределению.

Также обязательной технологической операцией при производстве поршней ДВС из сплава АК18 является термическая обработка отливок, которая следует после их механической обработки. Она направлена на получение высокой твердости, износостойкости, максимальной прочности, а также на предотвращение коробления в процессе эксплуатации. Термическую обработку проводят по режиму Т6, состоящему из закалки и полного старения: температура нагрева под закалку составляет 520ºС, при этой температуре отливки выдерживают 4-6 часов, после чего охлаждают в воде; старение проводят при температуре 180ºС с выдержкой в течение 6-8 часов. Большие выдержки при закалке и старении обусловлены грубо-кристаллической структурой литейных сплавов.

Таким образом, приведенная технология получения отливок поршней ДВС из заэвтектического силумина АК18 позволяет использовать все преимущества данного сплава и получить изделия, соответствующие повышенным требованиям по жаропрочности и КЛТР, предъявляемым к тяжело нагруженным поршням.

Влияние температуры диффузионной сварки на структуру и свойства заготовок пористого материала из волокон титана

Журбина Е.В., Мамонтова Н.А., Рунова Ю.Э.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Коллеров М.Ю.
МАИ, каф. МиТОМ
Runova_Julia@mail.ru

Пористые волоконные материалы из титана имеют перспективы использования в качестве уплотняющего, температуро- и шумоизолирующего материала силовых установок авиационной техники.

В данной работе проведено исследование влияния режимов диффузионной сварки (ДС) на структуру и свойства пористого материала (ПМ) из волокон титана.

Исследования проводили на волокнах из технически чистого титана марки ВТ1-0, полученных высокоскоростным затвердеванием расплава (ВЗР) по методу висящей капли. Волокна имели длину около 100-150 мм и чечевичное сечение размером 55 мкм. Волокна

предварительно прессовали в плоские или цилиндрические заготовки, которые подвергали диффузионной сварке в вакууме под нагрузкой в матрице соответствующей формы. Температуру ДС меняли в пределах 800-1000°С, время выдержки – 1час. Начальное давление во всех случаях оставалось постоянным (около 0,01 МПа) и снижалось в процессе выдержки по мере достижения заготовкой заданного объема.

Волокна и заготовки ПМ подвергали металлографическому анализу, по результатам которого определяли объемную долю и размер пор. Для определения механических свойств волокон и заготовок ПМ их подвергали испытанию на растяжение (волокна) и консольный изгиб (заготовки).

При температурах сварки ниже 900°С волокна материала представлены равноосными α-зернами. В местах контактов волокон достаточно четко определяется их граница и не отмечается формирование общих зерен. При более высоких температурах ДС размер α-зерен значительно увеличивается, в них отмечаются отдельные крупные пластины, а граница контакта волокон представляет собой общие для контактирующих волокон зерна. При наиболее высокой температуре сварки (1000°С) очень часто наблюдаются зерна, занимающие все сечение двух и даже трех смежных волокон.

Изменение характера структуры волокон и их контакта оказывает существенное влияние на механические характеристики заготовок ПМ. С повышением температуры ДС как для листовых, так и для цилиндрических заготовок наблюдается увеличение усилия разрушения. Прогиб образцов до разрушения увеличивается с ростом температуры до 850°С, а затем снижается. Такие закономерности изменения механических характеристик связано с преобразованием структуры заготовок ПМ. Так повышение температуры ДС наиболее значимо сказывается свыше точки Ac_3, когда фазовая перекристаллизация способствует формированию в месте контакта общих для волокон зерен, что приводит к значительному росту прочностных характеристик. В то же время, интенсивный рост зерен вызывает снижение пластичности материала. Поэтому необходимо оптимизировать режимы ДС. В первом приближении температура сварки должна быть вблизи температуры Ac_3 (~900°С). Кроме того, повышение комплекса механических характеристик материала возможно за счет применения дополнительной обработки сварных заготовок ПМ, например, с использованием водородной технологии.

Показано, что перспективным направлением получения ПМ может быть использование волокон титана, полученных ВЗР, соединенных в заготовки или изделия методом ДС. Увеличение температуры ДС свыше Ac_3 приводит к росту прочности и снижению пластичности ПМ. Это связано с повышением интенсивности фазовой перекристаллизации, приводящей к формированию общих зерен в контакте волокон, и увеличением размера α-зерен волокон, снижающих пластичность материала.

Диффузионная сварка металлических слоистых композиционных материалов для градиентной теплометрии

Захаров А.С., Набатчиков С.В., Салмин П.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Барабанова О.А.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
19zahar94@mail.ru

Отличительной особенностью слоистых композиционных материалов является то, что это всегда функциональные материалы – материалы со специальной совокупностью свойств, которые создаются для решения конкретной задачи.

Теплометрия - определение местных тепловых потоков. Подавляющее большинство разработок, связанных с определением местных тепловых потоков на поверхности теплообмена при температурах 500К и выше, получены путем пересчета данных теплометрии, что требует вводить эмпирические коэффициенты, использовать умозрительные модели и т.д., что приводит к методическим погрешностям, оценить которые удается далеко не всегда. Кроме того, практически исключена возможность фиксировать, обрабатывать и анализировать пульсации тепловых потоков, имеющие

первостепенное значение при исследовании обтекания тел потоками газа, при изучении сложного теплообмена и т.д.

В настоящее время градиентная теплометрия является одним из лучших способов определения тепловых потоков. Существенными преимуществами обладают градиентные датчики теплового потока (ГДТП), выполненные из материалов с анизотропией тепло-, электропроводности и коэффициента термоЭДС. До настоящего времени ГДТП изготавливались, в основном, из монокристаллического висмута чистоты 0,9999. Вольт-ваттная чувствительность датчиков составляет 5…50 мВ/Вт, что ставит их выше большинства отечественных и зарубежных аналогов, однако ГДТП из висмута работоспособны лишь до точки плавления висмута (541 К).

Идея создания высокотемпературных ГДТП из слоистых композитов принадлежит Л.Гайлингу (1947), однако до настоящего времени таких датчиков не существовало.

В 2007 г. для создания высокотемпературных ГДТП было предложено использовать металлические слоистые композиционные материалы (МСКМ). В качестве основных требований к МСКМ были выдвинуты следующие положения:

1. МСКМ должен обладать анизотропией теплопроводности в двух взаимно перпендикулярных направлениях, т.е. металлы композиции должны значительно различаться по теплопроводности.

2. Компоненты МСКМ должны в зоне соединения образовывать твердые растворы, позволяющие получить термоЭДС достаточной мощности.

3. Рабочая температура СКМ выше температуры плавления висмута (541 К).

4. Компоненты МСКМ должны обладать химической стойкостью к различным средам, что позволит расширить область использования датчика.

5. Обеспечить прочность МСКМ, необходимую для вырезания элементной базы датчика.

Сегодня в результате совместных исследований с «Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого» опробованы различные пары материалов. В процессе диффузионной сварки получали многослойный анизотропный брусок. После охлаждения его разрезали на пластины, расположенные под углом 20…45º к рабочим плоскостям, а затем присоединяли выводы. Вольт-ваттная чувствительность градиентных датчиков теплового потока при температуре около 300 К для различных МСКМ изменялась от 0,02 до 0,4 мВ/Вт.

Однако результаты исследований показали, что наиболее перспективно применение композиций полупроводник-металл и полупроводник-проводник, поскольку значения коэффициентов термоЭДС у полупроводников на порядок и более превышают уровень, характерный для металлов.

Получение быстрозакаленного волокна и пористых материалов из орторомбического титанового сплава ВТИ-4

Зуева О.В., Умарова О.З.
Научные руководители – к.т.н. Сенкевич К.С., д.т.н., доцент Серов М.М.
МАИ, каф. МиТОМ, каф. ТиСАПР МП
shelti1310@rambler.ru

Сплавы на основе алюминидов титана TiAl и Ti_2AlNb являются новым классом высокотемпературных авиационо-космических материалов благодаря отличному сочетанию жаропрочности и низкой плотности.

Новой перспективной и малоизученной областью применения сплавов на основе алюминидов титана могут быть пористые низкоплотные материалы для теплозащитых конструкций авиакосмической техники и жаростойких фильтров. В настоящий момент изучаются различные методы получения порошковых пористых алюминидов титана – спеканием исходных порошков сплавов, самораспространяющийся высокотемпературный синтез и другие. В качестве высокотемпературных низкоплотных материалов перспективными могут быть волоконные пористые материалы из алюминидов титана. Известно, что волоконные пористые материалы обладают лучшей звукопоглощающей

способностью, чем порошковые пористые материалы, а также более высокой прочностью и высокотемпературной коррозионной стойкостью, а возможность получать пористую волоконную структуру с широким диапазоном пористости и размером пор позволяет добиться лучшей фильтрующей способностью и демпфирующими свойствами.

В данной работе рассматривается возможность получения быстрозакаленного волокна из сплава ВТИ-4 и пористого материала из него. Для получения волокна использовался метод экстракции висящей капли расплава (ЭВКР) с использованием установки ЭВКР-ЭЛУ с элетронно-лучевым плавлением. В качестве распыляемой заготовки использовался пруток сплава ВТИ-4, полученный тройным вакуумно-дуговым переплавом с расходуемым электродом с последующей осадкой и ковкой в β- и (β+O)-областях. Он имеет крупнозернистую микроструктуру, состоящую из β- и орто-фазы (Ti_2AlNb). Метод экстракции висящей капли расплава позволил получить непрерывное быстрозакаленное волокно, имеющее микрокристаллическую структуру с размером зерна не более 20 мкм равноосной формы и фазовым составом, представленным высокотемпературной β-фазой. Волокно имеет в сечении серповидную форму, ширину 40-90 мкм и толщину 10-15 мкм.

Прессуемость волокна изучали на установке TiRaTest 2300 при приложении нагрузки со скоростью 1 мм в минуту. Установлено, что волокно имеет хорошую прессуемость, близкую к прессуемости волокна из титана, что позволяет получать образцы с заданной пористостью прессованием при комнатной температуре.

Изучение процесса спекания волокна проводили на образцах, спрессованных до пористости 40%. Установлено, что наилучшее качество спекания достигается при 1100°C в течение одного часа. Между спекаемыми волокнами не наблюдается границы раздела в виде пор, а некоторые участки контакта волокон срослись и неразличимы их бывшие границы. Спекание при 1100°C можно считать оптимальным для получения высокопористых материалов из орто-сплава.

Таким образом, проведённые исследования показали, что возможно получение быстрозакаленных волокон из сплава ВТИ-4, обладающих хорошей прессуемостью до заданной пористости, и получение из них пористых высокотемпературных спеченных материалов.

Сравнительный анализ осадки цилиндрических образцов в программе Q-Form

Иванов А.А., Комаров Р.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Беспалов А.В.
МАИ, каф. ТОМД
50-122@mail.ru

Для определения сопротивления деформации и пластичности металлов необходимо обеспечить максимально возможную однородную деформацию испытуемого образца. Это предопределяет необходимость установить соответствующие условие испытания и выбрать тот или иной тип образца.

Указанную задачу решали путем осадки цилиндрических образцов между шлифованными параллельными плитами на гидравлическом прессе. Влияние внешнего трения минимизировали закладкой смазки в торцевые цилиндрические выточки.

Для представления процесса осадки использовались компьютерные программы AutoCad и QForm 3D. В AutoCad проектировались образцы по ГОСТу 25.503-97. Программа QForm 3D часто применяется для решения задач и моделирования процессов обработки металлов давлением. Основа программы опирается на метод конечных элементов. Одновременно с расчетом можно наблюдать за процессом формоизменения, что позволяет своевременно вносить в технологию надлежащие поправки. Данная программа позволяет определить такие данные как степень деформации, скорость деформации и температуру [1].

При помощи программы QForm 3D спрогнозированы результаты осадки образцов различных конструкций. В данной программе осуществляется расчет распределения

степени, скорости деформации и температуры образца во время эксперимента путем анализа поведения 3D модели при испытаниях на сжатие, с учетом заданных параметров.

С помощью математического моделирования процесса осадки получили результаты, которые позволили определить, закономерности взаимосвязи сопротивления деформации (σ_s) с температурой (θ), степенью (Λ_p) и скоростью (ξ) деформации [2]. Полученные результаты сопоставимы с реальным экспериментом, проведенным на установке на сжатие материалов, на образцах из алюминиевых сплавов.

Список литературы

1. QForm 2D/3D. https://ru.wikipedia.org/wiki?curid=2056632

2. Кандидатская диссертация Ершова А.А., на тему «Влияние параметров упрочнения материала на деформированное состояние в процессах обработки металлов давлением», 2014.

Стойкость органических полиметилметакрилатных и поликарбонатных стекол к поверхностному растрескиванию

Исаенкова Ю.А.

Научный руководитель – доцент, д.т.н. Силуянова М.В.

МАИ, каф. СМиИГ

Good-b.link-day@list.ru

Органические стекла в деталях остекления самолетов работают наряду с металлическими материалами как силовые конструкционные материалы на внешнем контуре самолета. Они должны удовлетворять требованиям высокой конструкционной прочности в широком диапазоне эксплуатационных температур, надежности и основному функциональному требованию - высокому светопропусканию без оптических искажений. На протяжении многих лет из органических полиметилметакрилатных (ПММА) оргстекол изготавливаются детали остекления большинства самолетов и вертолетов.

В течение длительного времени интервал рабочих температур органического стекла составлял ±60 °С, с развитием сверхзвуковой авиации и увеличением скорости полетов он расширился от -60 до +200 °С и более. При температурах ±60 °С успешно эксплуатируется пластифицированное ПММА органическое стекло СО-95. Для остекления самолетов с рабочими температурами, превышающими 100 °С, были разработаны и освоены промышленностью теплостойкие ПММА стекла СО-120А, АО-120, АО-120А (температура эксплуатации до 150 °С) и фторакрилатные стекла Э-2, Э-2У, СО-200 (температура эксплуатации до 250 °С). Для перечисленных стекол накоплен опыт эксплуатации продолжительностью до 20-30 лет. В настоящее время ПММА оргстекла марок СО-120А, АО-120 получили наиболее широкое применение.

С возрастанием эксплуатационных требований к авиационной технике (повышение надежности, увеличение ресурса, использование в различных климатических условиях на малооборудованных аэродромах, наряду с этим снижение себестоимости и др.) повышаются требования к оптической прозрачности, ударной прочности, атмосферостойкости материалов остекления. Благодаря высокой ударостойкости и оптическим свойствам при изготовлении пуле- и вандалостойких деталей остекления как военного, так и гражданского назначения становится актуальным применение поликарбоната.

В процессе эксплуатации остекления кабин и салонов самолетов наблюдается характерный дефект – трещины («серебро»). Трещины «серебра» - основной дефект ограничивающий ресурс при эксплуатации деталей остекления. В деталях остекления самолетов напряжения растяжения появляются в результате избыточного внутрикабинного давления, действия аэродинамических нагрузок и температурных перепадов. На поверхности изделий развиваются напряжения более 12 МПа. При растяжении органического стекла поверхностные трещины появляются при нагрузках, составляющих 25-30% от разрушающих. При одноосном растяжении зависимость появления трещин от продолжительности нагружения аналогична зависимости долговечности от приложенного напряжения. При напряжениях до 40 МПа время до

момента возникновения трещин составляет примерно 1% от долговечности материала. Такое соотношение между временем до момента появления трещин и временем до разрушения образца объясняется кинетикой роста трещин в условиях стационарного нагружения. Число трещин сначала возрастает, а затем с какого-то момента остается постоянным. Размеры трещин сначала увеличиваются быстро, затем их рост замедляется. Число трещин, появляющихся на поверхности стекла, прямо пропорционально, а их размер – обратно пропорционален приложенному напряжению. Поэтому, исследование стойкости к поверхностному растрескиванию («серебростойкости») является актуальной задачей для определения эксплуатационных возможностей всех полимерных стекол.

Методы контроля процесса лазерной сварки с использованием высокоскоростных видеокамер

Иутин Р.В., Миронова А.В.
Научный руководитель – доцент, канд. экон. наук. Курынцев С.В.
КНИТУ-КАИ, каф. ЛТ
iutin.roma@mail.ru, aniuta.mironova2014@mail.ru

Лазерная сварка – это чистая, бесконтактная и обладающая высокой эффективностью обработка металла. Она улучшает качество металла, устраняя его дефекты. Именно поэтому лазерная сварка имеет большую популярность в машиностроении в наше время. Но для того чтобы контролировать качество сварки и сводить количество дефектов к минимуму недостаточно простого наблюдения. Именно для этого ученые разрабатывают методы контроля процесса, основанные на применении высокоскоростных видеокамер с последующей обработкой полученных изображений. Высокоскоростные видеокамеры позволяют визуализировать сверхбыстрые процессы при исследованиях или проведении научных экспериментов. Стадии, происходящие во время исследований неразличимы для человеческого восприятия, для их видеосъемки необходимы особые видеокамеры. Такие приборы способны зафиксировать мельчайшие изменения в окружающем пространстве и с большой точностью передавать их. Например, в исследованиях C.Brock и др. с их помощью были получены изображения плазменного факела, и проанализирована зависимость его удлинения и наклона от геометрии парогазового канала (ее формы и глубины), которая напрямую зависит от скорости подачи и мощности лазера. Благодаря полученным изображениям был разработан алгоритм контроля сварки, дающий фактическую информацию о состоянии процесса. В результате того, что металл при различных температурах излучает свет различных длин волн, светофильтры нашли свое применение в методах контроля сварки. В исследованиях ученых Hongbo Zhao и Huan Qi качество изображений, полученные с помощью высокоскоростных камер, было улучшено путем медианной фильтрации, зумирования или гистограммного выравнивания. Подобные преобразования применяются для поиска зависимости диаметра сквозного отверстия от скорости сварки и мощности лазера. Было установлено, что увеличение мощности лазера может привести к более интенсивным испарениям и более сильному разбрызгиванию. Когда фокусное положение лазерного пучка изменяется, создаются различные формы брызг, а также меняется направление потока расплавленного металла, что влияет на процесс сварки и качество сварного шва. За счет высокоскоростных камер можно наблюдать за протеканием этих процессов, планировать и составлять схемы дальнейшей работы. С помощью режима "стоп-кадр" специалисты проводят анализ относительного влияния на механизм образования пористости, горячих трещин и динамику сварочной ванны. Анализ расчетов проведенных испытаний дает возможность определить основные проблемы, решение которых позволит разработать надежные технологии и новое оборудование для лазерной сварки.

Влияние упрочняющей термической обработки на механические свойства титанового сплава ВТ3-1

Кавченко Е.В., Касымова Е.А., Слезов С.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Скворцова С.В.
МАИ, каф. МиТОМ

В работе были разработаны режимы упрочняющей термической обработки для получения более высокой твердости, а, следовательно, и показателей прочности. Исследования проводили на сплаве ВТ3-1. Температуры закалки должны обеспечить фиксацию в структуре заданного количество первичной α-фазы. Температура старения отвечает за выделение дисперсных частиц вторичной α-фазы.

Опираясь на эти принципы и справочные данные нагрев под закалку осуществляли в интервале температур 940 – 870°С выдерживали в течении 20 минут для завершения всех диффузионных превращений и после чего охлаждали в воде. Старение проводили при температуре 550°С, которая для сплава ВТ3-1 является стандартной температурой. Время выдержки должно обеспечивать достаточное упрочнение и составило 4 часа.

Проведённый металлографический анализ закалённых образцов показал, что все выбранные температуры лежат ниже температуры полиморфного превращения и представлены первичными глобулярными α-частицами, α″-мартенситом и небольшим количеством β-фазы. Так же следует отметить, что температура закалки 870°С, является критической для данного сплава, на что указывает отсутствие в структуре образца мартенсита.

На заключительном этапе упрочняющей термической обработки происходит распад образовавшихся при закалке метастабильных β- и α″- фаз с образованием более стабильных дисперсных (α+β)-структур. Количество вторичной α-фазы, обеспечивающей дисперсионное твердение, уменьшается с понижением температуры нагрева под закалку.

Твердость образцов после упрочняющей термической обработки лежит в пределах 46 – 42 ед. HRC. Наибольший эффект упрочнения при старении достигается после закалки с температуры 940°С, а наименьший – при 870°С, что связано с наличием в структуре α″-мартенсита.

На основании результатов твёрдости режим упрочняющей термической обработки, включающий закалку с температуры 940°С и последующее старение при 550°С, для дальнейших исследований из рассмотрения был исключен. На заключительном этапе работы были проведены механические испытания на растяжение и ударную вязкость, термически упрочнённых образцов по указанным выше режимам.

Анализ полученных результатов механических испытаний сплава ВТ3-1 показал, что изменяя количественное соотношения α- и β- фаз можно обеспечивать разный уровень прочности и пластичности. Показано, оптимальный комплекс прочностных, пластических и ударных свойств достигается на образцах, обработанных по режиму упрочняющей обработки, включающего закалку с 870°С и старение при 550°С, в течении 4 часов.

Влияние водорода на фазовый состав и структуру Ti – сплава с содержанием Al превышающим предельную растворимость

Кавченко Е.В., Слезов С.С., Юдаев С.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Мамонов А.М.
МАИ, каф. МиТОМ
slezov93@mail.ru

В настоящее время Ti – сплавы не применяются для изготовления крупногабаритных режущих медицинских инструментов для травматологии и ортопедии в виду недостаточной твердости, износостойкости и жесткости конструкции. Применяемые нержавеющие стали имеют недостаточную коррозионную стойкость и сравнительно высокий вес. Применение термоводородной обработки позволит устранить недостатки Ti – сплавов в данной области.

В связи с этим в данной работе представлены результаты исследования влияниялегирования водородом и термической обработки на фазовый состав и структуру Ti – сплава с содержанием Al, превышающем предельную растворимость.

В Ti – сплаве с содержанием Al, превышающим предельную растворимость, водород инициируя $\alpha \rightarrow \beta$ – превращение, уменьшает количество α – фазы, увеличивая в ней концентрацию алюминия, что создает термодинамические условия для реализации $\alpha \rightarrow \alpha_2$ – превращения. Растворение водорода в β - фазе приводит к небольшому увеличению модуля упругости G_S и периода ее решетки.

В титановых сплавах, легированных водородом, процессы структурообразования при различных видах термического воздействия определяются механизмом и кинетикой превращений, которые испытывает водородосодержащая β - фаза. Тип структуры, формирующейся при охлаждении, определяется не только температурой предварительного нагрева сплава, но и скоростью охлаждения.

По результатам исследования построена температурно – концентрационная диаграмма фазового состава системы сплав – водород. Водород, являясь довольно сильным β – стабилизатором расширяет область стабильности β – фазы, существенно снижая температуру $\beta / (\alpha + \beta)$ – перехода на 210 ºС (при 1,0 % водорода), и повышает температуру разупорядочения α_2 – фазы на 50 ºС.

На основе проведенных исследований, разработаны и опробованы на образцах сплава технологические схемы и режимы термоводородной обработки, обеспечивающие формирование двух типов структур – субмикрокристаллическую и бимодальную. По результатам исследования был проведен анализ механизмов формирования этих структур в процессе термоводородной обработки.

Применение термоводородной обработки позволит создать высокомодульный Ti – сплав с повышенной твердостью и износостойкостью для изготовления высокоресурсного, износостойкого режущего медицинского инструмента, применяемого в травматологии и ортопедии, в частности при имплантации эндопротезов крупных суставов человека.

Исследование пористости сварных соединений алюминиевого сплава АМг6

Карпов А.П., Комарова Е.В., Соловьева И.В.
Научные руководители – проф., д.т.н. Егорова Ю.Б.[1], доц., к.т.н. Давыденко Л.В.[2]
[1]Ступинский филиал МАИ, каф. ТАОМ, [2]МПУ, каф. Материаловедение
mami-davidenko@mail.ru

Алюминиевые сплавы остаются одними из основных материалов для сварных конструкций авиационной и ракетно-космической техники. В 2020 г. по прогнозу потребление в авиации высококачественных серийных алюминиевых сплавов с улучшенными свойствами и новых алюминиевых сплавов может составить около 60% от общего объема потребляемых в авиастроении материалов. Одним из факторов неудовлетворительного качества сварных соединений алюминиевых сплавов являются поры, которые присутствуют в литой структуре и зоне сплавления, что приводит к снижению прочностных характеристик сварного шва. Целью настоящей работы является разработка рекомендаций по снижению интенсивности порообразования в сварных соединениях сплава АМг6. Для этого в работе был проведен теоретический анализ вероятности образования пор и исследовано влияние размера зазора между свариваемыми поверхностями на процесс порообразования в сварных соединениях, полученных аргонно-дуговой сваркой вольфрамовым электродом. Для исследования пористости проводили микроструктурный анализ на микроскопе Olympus GX51.

На поверхности сплавов, содержащих магний, присутствует окисная пленка, состоящая из окислов $A1_2O_3$ и MgO, которые образует прочную и плотную пленку, обладающую при нормальной температуре защитными свойствами, так как она препятствует дальнейшему окислению соединения. Однако большая разница коэффициентов теплового расширения и температуры плавления оксидной пленки и

основного сплава затрудняет процесс сварки, снижает герметичность шва и его механические свойства. В процессе сварки наиболее опасным процессом считается взаимодействие влаги нагретого металла кромок, присадочного материала, и влаги гидратированных окислов. Поэтому важным подготовительным этапом к сварке является разделка кромок (по ГОСТ 14771-76), а также выбор ширины зазора. В недостаточно широком зазоре происходит ограничение объема газа, контактирующего с поверхностью свариваемого металла. При этом создаются условия, препятствующие разложению гидроксида при сварке вплоть до начала плавления металла. В результате этого гидроксиды попадают в литой металл шва, где при дальнейшем их разложении происходит образование пор. Увеличение ширины зазора создает условия, при которых более интенсивно происходит разложение пленки на торцах деталей под воздействием излучения дуги, проникающего на торцы.

Для оценки влияния величины зазора на вероятность образования пор при сварке сплава АМг6 были рассчитаны объем газа, концентрация пара в зазоре и удельный вес пара в газе зазора. При величине зазора 0,1 мм увеличение удельного веса пара в газе зазора составляет 400 г/м^3, а при 0,5 мм - 100г/м^3. Расчеты показывают, что при недостаточной величине зазора поры могут образовываться более интенсивно за счет сорбированной на поверхности влаги. В результате проведенного микроструктурного анализа установлено, что пористость в литой структуре сварного соединения, выполненного без зазора между свариваемыми поверхностями, больше примерно на 30% по сравнению с пористостью сварного соединения с зазором 0,5 мм. Наличие зазора при сварке алюминиевого сплава АМг6 обеспечивает удаление гидратированных окислов и получение качественного сварного шва. На основе проведенных исследований разработаны рекомендации по выбору оптимальной технологии изготовления сварных конструкций из сплава АМг6 на АО «ВПК НПО Машиностроение».

Влияние легирующих элементов на технологические характеристики керамических связок алмазного инструмента

Касымова Е.А., Колотий Д.Д., Лим Е.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ягудин Т.Г.
МАИ, каф. МиТОМ
faculty1@mail.ru

В последние годы появились новые технологические процессы изготовления алмазного инструмента. Перспективной является, например ленточная технология, по которой на ленту из ткани, металла или другого материала наносится алмазный порошок, а затем она наматывается на какую либо основу, образуя рабочий элемент. Рабочие элементы являются основой сборного инструмента.

Одним из перспективных направлений в инструментальной промышленности является использование связок на основе керамических матриц. Такого рода инструменты могут использоваться для финишной обработки поверхности любой сложности и из любого материала. Основными преимуществами инструмента из такого рода связок являются: способность к самозатачиванию и способность работать в режимах разного абразивного износа. То есть, инструмент на керамической связке может быть универсальным.

Во всех связках алмаз закрепляется в связке механически. Для повышения адгезионной составляющей закрепления алмазов в керамической связке в работе исследовалось добавление Ti в керамические связки различного состава. В результате проведенных исследований были получены результаты, приведенные в таблице.

Состав связки	Легирующий элемент, % по массе	Температура термообработки, ^{o}C	Время термо-обработки, мин
Борное стекло	Ti , 2%	680	20
Огнеупорные глины + полевой шпат	Ti , 2%	650	25
Frifai (Италия)	Ti , 2%	620	20

Из таблицы видно, что температура спекания по сравнению с базовой технологией упала на 40 ^{o}C -50 ^{o}C . Время термообработки также снижается на 10-15 минут. Всё это благотворно влияет на качество работы алмазного зерна в инструменте, так меньший расход алмаза на графитизацию.

Однако влияние металлов на физико-механические характеристики связок до конца не изучено. Это будет предметом дальнейшего нашего изучения.

Оценка возможности создания универсальной связки для проектирования алмазного инструмента

Касымова Е.А., Колотий Д.Д., Петухова О.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ягудин Т.Г.
МАИ, каф. МиТОМ
faculty1@mail.ru

В последнее время наблюдается рост добычи полезных ископаемых открытым , карьерным способом. Для этого требуются инструменты повышенной надёжности. К таким инструментам относятся абразивные камнерезные диски с диаметром более 5 метров и ленточные пилы с абразивным рабочим элементом. К этим инструментам предъявляются особые требования по абразивному износу, по твердости связки.

В камнеобрабатывающих инструментах, работающих в тяжёлых условиях, используются металлические связки, обеспечивающие прочное удержание алмазных зёрен. Металлические связки, используемые в камнеобрабатывающих инструментах, в зависимости от состава и способа изготовления можно разделить на твердосплавные, на основе карбида вольфрама, и связки не содержащие твёрдого сплава. Основной связкой является бронзовая связка с содержанием олова 12%-20%.

Основная проблема при изготовлении любого алмазного инструмента, это высокие температуры термообработки. У твердосплавных связок это проблема особенно актуальна.

В нашей работе была сделана попытка создать универсальную связку, которая имела характеристики твёрдосплавной, но при этом была низкотемпературной по технологии изготовления. Прибавление небольших количеств титана или хрома к жидкому бронзовому сплаву, значительно повышает работу адгезии на границе жидкий сплав-алмаз. Поэтому, вводя в сплав Cu-Sn небольшие количества титана или хрома можно значительно улучшить сцепляемость алмаза со связкой. Целью проводимых опытов было проследить, как отражается добавка 2% титана свойства связки и режимы обработки алмазного инструмента. Результаты наблюдений приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Связка	Температура термообработки ^{o}C	Твёрдость HRC
М1 (бронза с 20%Sn)	710	105
М2(бронза с 12%Sn)	700	100
М6-05 М50 (на основе Co)	880	120
М6-06 МГП (ВК)	895	130
ЭС(М1+2%Ti)	740	120

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что оптимальным составом для связки АКМ является сплав меди и олова с добавлением в него порошка Ti. Это даёт предпосылки к дальнейшим исследованиям в области совершенствования технологии получения связок.

Многокомпонентное поверхностное легирование жаростойких сплавов

Кианианфар М.М.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – д.т.н., Бойцов А.Г.
МАИ, каф. ТППДЛА
mjkianian@yahoo.com

Электроискровое легирование (ЭИЛ) является одним из эффективных методов поверхностного легирования, которое достигается плавлением и перемешиванием материалов легирующего электрода (анода) и упрочняемого изделия (катода) при электрических импульсных разрядах. ЭИЛ имеет широкие возможности по управлению составом и свойствами легированного слоя, обеспечивает универсальность и широту технологических применений. В настоящее время ЭИЛ широко используется для упрочнения деталей эксплуатируемых в условиях трения и изнашивания, режущего инструмента, восстановления и упрочнения штамповой оснастки. Позволяет существенно повысить износостойкость, фреттингостойкость, теплостойкость и антифрикционные свойства, обеспечить экономию дорогостоящих материалов. В качестве легирующих электродов используются твёрдые сплавы (ВК6, Т15К6, и др.), карбиды, нитриды и бориды переходных металлов (TiC, WC, TiN, TiB_2, NbC, CrC, ZrB_2 и др.), металлы (Ti, Cr, Co, Ni, Al, W, Mo, Re, Ta, Hf и проч.), сплавы на их основе. Во многих случаях целесообразно многокомпонентное поверхностное легирование и получения многослойных покрытий, в частности, антифрикционных и жаростойких.

Особенность ЭИЛ является локальность легирования, малый расход энергии, отсутствие объемного нагрева упрочняемых деталей.

В последнее время ЭИЛ находит широкое применение при ремонте агрегатов авиационной техники. К преимуществам их использования относятся возможность восстановления геометрической формы поврежденных деталей, упрочнение локальных участков поверхности, нанесение износостойких, коррозионно-стойких, антифрикционных покрытий. Ремонт поврежденного участка не требует демонтажа всей конструкции, а производится непосредственно на месте эксплуатации, что сокращает время на не производственные процессы. В зависимости от режима обработки возможно нанесение слоев толщиной от 10 до 150 мкм и шероховатостью поверхности R_{max} от 1,5мкм до 10мкм. Используя различные материалы электродов возможно получение износостойких покрытий из карбидов W, Ti, Cr, Ta, Mo, Hf, Zr, Nb, V, боридов: Ti, Zr, Ta, жаростойких интерметаллидных соединений, жаростойких сплавов на основе Ni и Co, благородных металлов Au, Ag, Pt, Pd, Rh. Для ответственных деталей авиационной техники ЭИЛ желательно или необходимо выполнять в среде защитных газов (аргон). Данная технология позволяет производить повторный многократный ремонт.

В докладе приводятся результаты исследований по нанесению износостойких и жаростойких легированных слоев на детали и образцы из никелевых и хромовых сплавов. ЭИЛ выполнялось на установке ELFA 731 на образцах их сплавов ВХ4Л и ХН78Т. Нанесение слоев выполнялось как последовательным легирование электродами из различных материалов и сплавов, так и электродами собранными в виде жгутов из проволок различных материалов. Выполнены исследования шероховатости и топографии поверхностей, оценка их жаростойкости и фреттингостойкости.

Испытания на фреттингостойкость пары сплав ХН78Т - сплав ВХ4Л, были выполнены выполненные применительно к сопряжению завихритель - кольцо авиационного двигателя. Пара эксплуатируется в условиях вибронагружения при температурах 600…800ºС Испытания выполнялись в условиях плоского кольцевого контакта. Фреттинг-износ определялся весовым методом. Максимальное повышение фреттингостойкости было достигнуто при нанесении на сплав ВХ4Л многослойной композиции Ta, TiB_2, A1.

Исследование процесса лазерного переплава металла с применением высокоскоростной видеокамеры

Колесников Д.Н. , Морушкин А.Е.
Научный руководитель – доцент к.э.н Курынцев С.В.
КНИТУ-КАИ, каф. МСиПБ
dmitry_kolesnikov1995@mail.ru

В настоящее время широко используются лазеры большой мощности, которые позволяют обрабатывать металл с большой скоростью, при этом необходимо обеспечивать высокое качество и отсутствие дефектов обрабатываемого материала. С развитием техники на помощь человеческому глазу пришли различные аппараты, которые дали большие возможности для совершенствования труда инженеров. Эти аппараты позволяют сохранять данные на носители информации и впоследствии проводить подробный анализ материала без необходимости многократного повторения опыта. Примерами таких приспособлений являются фото- и видеокамеры, которые используются в различных сферах машиностроения. Например, в области высоких технологий используются специальные устройства, способные фиксировать незаметные человеческому глазу явления, что является актуальным в области лазерных технологий и, в частности, в лазерной сварке и наплавке, в которых процессы плавления и затвердевания происходят за короткие промежутки времени. Высокоскоростные камеры позволяют следить за образованием парогазового канала в момент сварки лазерным лучом, отслеживать процесс кристаллизации расплавленного металла. Наряду с этим, применяются также камеры, производящие съёмку в спектрах, не воспринимаемых человеческим глазом, к таким видам устройств можно отнести тепловизоры и рентгеновские камеры. Эти технологии позволяют наблюдать за процессами, которые происходят внутри металла при лазерной сварке. Это позволяет обнаружить такие дефекты как канальные поры и несплавления. Стоп-кадры из видеоматериалов исследуют специалисты, отбирая наиболее отчетливые изображения, полученные в результате съемки высокоскоростной камерой, для проведения анализа сварного соединения. Изображения, обрабатываются специальными программами, такими как КОМПАС-3D V16, которые в дальнейшем используют для сравнения образцов по их микроструктуре, а также для сопоставительного анализа образцов полученных при разных технологических режимах сварки и наплавки. Данный метод используется для проведения количественного анализа геометрических размеров структурных компонентов переплавленного металла. В результате анализа, можно оценить корректность выбранных параметров для сварки или наплавки материала, что является немаловажным фактором регулировки автоматизированных процессов. Полученные данные, зафиксированные с помощью специального оборудования, позволяют получить схему зависимости между поведением ванны переплавляемого металла и геометрическими характеристиками микроструктуры переплавленного металла. Все это позволяет получить новую информацию, используемую в области лазерных технологий, в частности, в сварке металлов. Данная технология является неотъемлемой частью технологического процесса во многих областях машиностроительного производства.

Термическая обработка материала, выращенного методом селективного лазерного плавления

Колесников Д.Н., Морушкин А.Е., Назаров Р.Р.
Научный руководитель – доцент Курынцев С.В.
КНИТУ-КАИ, каф. МСиПБ

В последние годы получило серьезное развитие и стало широко применяться аддитивное производство, также известное как 3D-печать, в области проектирования и разработки новых продуктов.

С помощью 3D-принтера сегодня возможно произвести такую конструкцию, которую невозможно создать традиционными технологиями производства, например,

литьем или фрезеровкой. Существует около 10 – 12 технологий выращивания заготовок, каждая из которых является более подходящей для определенного материала: полимера, металла или керамики.

Широкое распространение получили следующие технологии выращивания заготовок:

- послойное спекание порошка, лазерным либо электронным лучом, (PBS – Powder Bed System;
- послойное выращивание лазерной наплавкой с использованием металлического порошка (PFS – Powder Feed System);
- послойное выращивание лазерной наплавкой с использованием металлической проволоки либо ленты (WFS – Wire Feed System).

Однако, массовое внедрение аддитивных технологий в производстве в том виде, в котором они существуют, не происходит и на это есть свои причины, например, 3D-печать занимает много времени, а также послойный процесс создания изделия приводит к таким дефектам механических свойств как анизотропия, накопления остаточных напряжений, поэтому возможно легче вырастить части и сварить их между собой.

Поэтому соединение выращенных заготовок между собой или с другим материалом является актуальным вопросом. Для экономии дорогостоящего порошкового материала рационально приваривать выращенные заготовки к катанным, кованным или литым заготовкам, простой геометрической формы.

Проведение механической и термической обработки практически во всех случаях является необходимым для заготовок, полученных **методом селективного лазерного плавления.**

Данное исследование проводилось чтобы выявить влияние термической обработки на структуру и твердость образца, полученного **методом селективного лазерного плавления. От исходной заготовки были отрезаны образцы, с помощью** электроэрозионной резки. После чего полученные образцы были подвергнуты термической обработке, на режимах, представленных в таблице.

Таблица 1.Режимы термической обработки образцов

Номер образца	1	2	3	4
Режим ТО	Без ТО	500^0С, 90 минут, охлаждение на воздухе	650^0С, 90 минут охлаждение на воздухе	1050^0С, 90 минут охлаждение с печью

Качество поверхности листов из углеродистых легированных сталей после лазерной резки

Комарова М.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Тихонова И.В.
ТулГУ, каф. ФММ
marishka2011.94@mail.ru

Стремительное развитие лазерной технологии за последние десятилетия привело к созданию надежных промышленных лазеров с широким диапазоном выходных параметров. В свою очередь, это стало стимулом для разработки новых приложений лазеров, которые становятся привычным инструментом анализа и технологии.

Лазеры стали необходимым элементом в таких жизненно важных областях, как технология обработки материалов, микроэлектронника, медицина и научные исследования. Теперь невозможно представить себе без применения лазерных приборов ни современную науку, ни передовую технологию.

На современном этапе развития лазерной технологии ясно видны области, где с помощью лазера достигнуты выдающиеся успехи, и отчетливо просматриваются потенциальные области его дальнейших применений.

В связи с изложенным выше целью данного этапа работы явилось определение показателей качества поверхности реза, микроструктура зоны термического влияния (ЗТВ) листов из стали марок 40Х, 9ХС, 09Г2С, 30ХГСА и 20Х13 после ЛР.

Методами макрофрактографического анализа поверхности листов стали марок 40Х, 9ХС, 09Г2С, 30ХГСА и 20Х13 после лазерной резки (ЛР) по различным режимам подтверждено отсутствие грата. На поверхности обнаружены две зоны с разной шероховатостью, образованные в результате лазерного воздействия и выдувания газом. Определена ширина этих зон лазерное воздействие, и выдувания газом на всех исследуемых образцах. Химический состав стали не влияет на ширину зоны плавления и выдувания газом.

Измерение шероховатости проводили на образцах сталей марок 40Х, 9ХС, 09Г2С, 30ХГСА и 20Х13 многократно в разных зонах поверхности реза. Статистическая обработка по F – критерию свидетельствует о равноточности измерения шероховатости в обнаруженных зонах. Проверка значимости разницы шероховатости в зонах плавления и выдувания газом по t – критерию указывает на незначимое различие значений шероховатости в них.

Изучено распределение микротвердости от поверхности реза вглубь образцов после лазерной резки по различным режимам. Характер изменения микротвердости у всех образцов аналогичен. На листах стали марки 40Х, самые высокие значения определены около поверхности реза (~320 HV), затем постепенно HV снижается до (~190). На образцах стали марки 9ХС вблизи поверхности HV достигает значения (~340), на листах стали марки 09Г2С, HV вблизи поверхности равно (~360). На образцах стали марки 20Х13, самые высокие значения определены около поверхности реза (~760 HV), затем постепенно HV снижается до (~240). И на образцах стали марки 30ХГСА вблизи поверхности HV достигает значения (~600), затем HV снижается до достижения значения, характерного для исходного состояния.

Исследована микроструктура ЗТВ образцов после лазерной резки по различным режимам. Обнаружено несколько участков, отличающихся по микроструктуре. Обсуждено влияние химического состава стали на особенности строения зоны термического влияния.

Исследование влияния микролегирования кислородом на механические свойства технического титана и сплава Ti-6Al-4V

Кононова И.С., Шмырова А.В.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Егорова Ю.Б.
МАИ, каф. МИТОМ, Ступинский филиал МАИ, каф. ТАОМ
shmyrovaalisa@mail.ru

В последние годы кислород считается не вредной примесью, а полезной и дешевой легирующей добавкой, повышающей прочность титановых сплавов без существенного снижения пластичности (в интервале концентраций 0,1-0,3% масс). В данной работе были проведены статистические исследования химического состава и механических свойств кованых прутков 14 мм технического титана разных марок (ВТ1-00, ВТ1-0, Grade2, Grade4) и различных модификаций сплава Ti-6Al-4V (ВТ6, ВТ6ч, ВТ6С, Grade 5, Grade 23), изготовленных по промышленной технологии в 1970-80-х и 2000-2014 г.. Всего было исследовано более 2500 образцов для механических испытаний. Статистическую обработку проводили с помощью ППП «Stadia». В работе определяли выборочные числовые характеристики (среднее, дисперсию, стандартное отклонение, коэффициент вариации), проводили проверку нормальности распределения. Для сравнения химического состава и механических свойств прутков, изготовленных в разные годы, проводили проверку статистической гипотезы о равенстве математических ожиданий (выборочных средних) и дисперсий.

Проведенные статистические исследования химического состава показали, что с 1970-х гг. по 2014 гг. произошло значимое изменение содержания алюминия и примесей внедрения. Среднее содержание алюминия повысилось в среднем на 0,35-0,4%, а кислорода и азота уменьшилось почти в два раза: с 0,11 до 0,06 %м. и 0,02 до 0,01 % м. соответственно. Сравнение механических свойств кованых прутков, изготовленных из слитков без дополнительного легирования кислородом, показало, что в 2000-х гг.

временное сопротивление разрыву уменьшилось в среднем на 50-100 МПа по сравнению с 1970-ми гг., при этом значения относительного удлинения и ударной вязкости повысились. Это может быть обусловлено повышением чистоты титановой губки и снижением ее твердости и предела прочности. Для того чтобы компенсировать потерю прочности сплавов, большинство исследованных полуфабрикатов были легированы алюминием по верхнему пределу, а часть слитков была выплавлена с дошихтовкой рутилом. Для полуфабрикатов, изготовленных в 1999-2014 гг. и легированных кислородом, значения предела прочности сопоставимы с данными 1970-80-х гг. Например, легирование кислородом приводит к повышению прочности прутков технического титана до 810 МПа, а сплава Ti-6Al-4V до 1100 МПа.

В работе была проведена теоретическая оценка влияния содержания алюминия, ванадия и примесей внедрения на уровень механических свойств прутков. Теоретические расчеты, подтвержденные результатами статического анализа механических свойств прутков, показывают, что легирование кислородом является более эффективным способом повышения прочности сплавов по сравнению с алюминием и ванадием. Это дает возможность разрабатывать сплавы экономного легирования на основе стандартных марок технического титана, для изготовления которых можно использовать низкосортную губку и рутил. Вместе с тем, содержание кислорода должно быть ограничено определенными пределами, так как при концентрациях более ~0,6% кислород резко снижает характеристики пластичности.

Формирование легированного слоя при локальном карбооксидировании титановых сплавов

Корешков А.В.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Бойцов А.Г.
МАИ, каф. ТППДЛА
koresh199304@gmail.com

Локальное карбооксидирование (ЛКО) поверхностей изделий из титановых сплавов является перспективным методом повышения их износостойкости и антифрикционных свойств. Эта технология, в частности апробирована для упрочнения гильз гидроцилиндров систем управления створками сопла и поворотными статорными лопатками. ЛКО является разновидностью электроискрового легирования производимого углеродосодержащими электродами.

Задачей настоящей работы была оценка влияния технологических факторов на состояние поверхностного слоя после ЛКО.

ЛКО выполнялось на установке ЕЛФА-731 оснащенной устройством ЧПУ. В качестве легирующих электродов использовались электродный графит, и углеродное волокно.

На первом этапе данной работы выполнена оптимизация технологических режимов для обеспечения низкой пористости, оптимальной толщины и шероховатости поверхности после нанесения покрытия. Обработка производилась на трех режимах, с подачами легирующего электрода s = 50, 70 и 100 мм/мин.

Установлено, что на максимальных режимах обработки, поверхность имеет пористую структуру, относительно высокую шероховатость, и низкую сплошность покрытия, так же наблюдалось коробление заготовки. Средние и минимальные режимы не вызвали коробления заготовки, структура поверхности однородна, имеет малую пористость. Было выявлено, что подача инструмента, равная s = 70 мм/мин, для минимальных и средних режимов является наиболее оптимальной для обработки тонкостенных деталей, из условия получения низкой шероховатости. При оптимизации технологических режимов изменялись значения тока короткого замыкания (Iк = 1.2…16А, скважности 5 и 10 , длительности и энергии импульсов Ти = 2…20 мкс.

Выполнено исследование фазового состава поверхностного слоя показало наличие в нем четырех основных фаз – Ti, TiC, Ti8C5 и Ti6C3.75.

Оценка структурного состояния поверхностных слоев, сформированных в процессе ЛКО методом романовской спектроскопии показал, что на детали, в местах нанесения покрытия методом ЛКО, имеются участки с высокой степенью кластеризации графитовых слоев, то есть sp2 углерод (G-линия) преобладал (ID/IG = 0,71), либо с sp3 углеродом (D-линия), то есть в образце наблюдалось увеличение разупорядочения C - C связи.

Экспресс испытания на износ, выполненные в условиях скольжения алмазного сферического индентора, показали высокую прочность и износостойкость упрочненного слоя.

По разработанной технологии были упрочнены гидроцилиндры из титанового сплава ВТ20, которые прошли успешные испытания на технологическом изделии в течение 1000 часов.

Структура и механические свойства сварных соединений новой аустенитной азотсодержащей стали

Костина В.С.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Костина М.В.
ИММ им. А.А.Байкова РАН
vskostina@yandex.ru

Сварка сложнолегированных коррозионностойких аустенитных Cr-Ni-Mn-N сталей, содержащих в своем составе значительное количество марганца и азота сопряжена с определенными трудностями, такими как возникновение газовых пор в сварном шве и на линии сплавления, горячих трещин в околошовной зоне, дестабилизации аустенита в зоне термического влияния сварного шва. С учетом этих проблем особое значение имеет выбор материала сварочной присадки, способа сварки и оптимизации режимов сварки.

Изучали сварные соединения (СС) горячекатаного листового проката стали 04Х20Н6Г11М2АФБ (≈0,47% N масс.), толщиной 10 и 20 мм, сваренные проволоками Св-09Х16Н25М6АФС и Св-10Х20Н18М3АФС по следующим режимам сварки: 1) СС-1/20 (Св1, 20мм) и СС-2/20 (Св2, 20мм): аргонно-дуговая сварка, I=200-220 А, U=24-28 В; 2) СС-2/10 (Св2, 10 мм): ручная дуговая сварка, I=140-160 А, U=24-28 В. Из листового проката в результате сварки были получены бездефектные (по данным рентгеноструктурного контроля) СС.

Микроструктуру СС исследовали на световом микроскопе Olympus и сканирующем электронном микроскопе LEO-1420 с приставкой для микрорентгеноспектрального анализа (МРСА) Oxford Instruments. С применением МРСА установили, что химический состав основного металла (ОМ) всех СС на расстоянии 8 - 10 мкм от линии сплавления (ЛС) соответствует марочному составу стали. В сварном шве (СШ), на расстоянии 10-30 мкм от ЛС, начинается постепенное приближение химического состава металла к составу сварочной проволоки. На расстоянии ~130 и ~240 мкм от ЛС зафиксировано соответствие состава металла СС химическому составу сварочной проволоки.

Испытания на растяжение проводили по ГОСТ 1497-84 на установке Instron 3382; на ударный изгиб по ГОСТ 9454-78 на установке Amsler RKP 450 Zwick/Roell при 20 ^{o}C. Сварные соединения имеют высокий уровень ударной вязкости и прочности, в том числе за счет выделения наноразмерных частиц нитридов хрома, являющихся препятствием для движения дислокаций. Характеристики пластичности разрывных образцов СС ниже характеристик пластичности, определенных отдельно на ОМ и металле сварочной проволоки. Это связано с наличием включений, прежде всего – крупных частиц в металле СШ. Наиболее высокая твердость в СС отмечена на ЛС (HV_{50}=330-360), затем она убывает в ряду: ЗТВ (305-315)→ОМ (270-290)→СШ (250-270).

Для выявления частиц избыточных фаз был использован метод ПЭМ тонких фольг. Металл исследованных сварных соединений аустенитный, содержит частицы χ-фазы, $Me_{23}C_6$, CrN. В СС-1/20 были обнаружены зоны заметной пористости по границам зерен аустенита (размер пор 20-100 нм, длина зон до 7-10 мкм). В СС-2/20 и СС-2/10 пористость отсутствовала.

Исследование шероховатости поверхности при ультразвуковом алмазном сверлении отверстий в композиционных материалах

Котькина Т.В.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Моргунов Ю.А.
Московский политехнический институт, каф. ТиОМ
kotkina.90@mail.ru

С развитием современных отраслей машиностроения возникла потребность в создании новых материалов и изготовлении изделий из композиционных материалов, стекла, керамики, ферритов, синтетических алмазов, кремния, кварца, германия и др. В силу своей низкой пластичности обработка этих материалов сильно затруднена.

Для обработки этих и подобных им материалов в настоящее время применяются специальные методы и технологии обработки: лазерная, электрохимическая, электронно-лучевая, электроэрозионная, ультразвуковая и т.д.

Широкое распространение в последнее время нашли комбинированные методы обработки. Например, применение ультразвуковых колебаний в зоне обработки интенсифицирует процессы резания, повышает эффективность обработки в целом.

Как показали исследования, применение ультразвука при механической обработке может повышать производительность и улучшать качество поверхностного слоя.

Проведенные нами предварительные исследования показали, что при обработке отверстий в композиционных материалах хорошо зарекомендовала себя ультразвуковая алмазная обработка.

Данная работа была направлена на определение степени влияние различных факторов на шероховатость поверхности при ультразвуковом сверлении отверстий в углепластике КМУ-4Л

В ходе экспериментальных работ использовался модернизированный станок УЗС-4М, на который была установлена ультразвуковая головка с вращающимся алмазным инструментом.

В первой части эксперимента исследовалось влияние подачи на шероховатость поверхности. В качестве инструмента использовался трубчатый гальванический алмазный инструмент D=9,5 мм, отверстия прошивались на глубину h=10 мм, с амплитудойA=9 мкм, биение на инструменте 0,02 мм, nвр=3200 мин-1.

При подаче 3 мм/мин достигалась минимальная шероховатость Ra=0,57 мкм, такой подачи вполне достаточно, чтобы получить наилучшее качество поверхности. При увеличении подачи до 7 мм/мин наблюдалось заметное ухудшение шероховатости поверхности до Ra=1,32 мкм, это связано с тем, что при повышении подачи алмазный инструмент не успевает прорезать углеродные волокна.

Во второй части эксперимента исследовалось влияние диаметра алмазного инструмента на шероховатость боковой поверхности отверстий. Диаметр инструмента варьировался от 3 до 10 мм, отверстия прошивались на глубину h=10 мм, амплитуда A=9 мкм, биение на инструменте 0,01 мм, подача инструмента и частота вращения выбрана исходя из вышеизложенных экспериментов S=3 мм/мин и nвр=6000 мин-1 .

При диаметре инструмента D=9,5 мм достигался наименьший параметр шероховатости Ra=0,12 мкм. Это происходит за счет высокой скорости резания и возросшей площади режущей части алмазного инструмента. При D=3 мм достигается шероховатость значения Ra=1,06 мкм.

Таким образом, для получения высококачественных отверстий необходимо варьировать зернистость алмазного порошка, тип алмаза и связку. В работе показано влияние диаметра инструмента на эффективность процесса обработки.

Определение структуры и свойств дисков компрессора

Краснов Н.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Муратаев Ф.И.
КНИТУ-КАИ, каф МС и ПБ
Chubukov.alexey@gmail.com

Определены зависимости повреждений металла ободной части дисков компрессора низкого давления (КНД) и компрессора высокого давления (КВД) стационарной газотурбинной установки (ГТУ) в эксплуатации и дефектов структуры и свойств, обусловленных технологической наследственностью пазов типа «ласточкин хвост». Проблемы вызваны металлургическими дефектами и нарушением технологии термической обработки дисков, отклонениями от типовой структуры мартенситной стали.

Комплексным макро и микро - исследованиям металла подверглись натурные элементы дисков КНД и КВД стационарной ГТУ фирмы MAN, снятых с эксплуатации по причине образования многочисленных трещин (растрескивания) в пазах типа «ласточкин хвост» под замки рабочих лопаток 3 и 7-ой ступеней компрессора.

В результате проведенного капиллярного контроля установлено: диск 3- ей ступени (0294мм) имеет 4 трещины протяженностью до 14мм, глубиной 6... 11мм, диск 7-ой ступени имеет 12 трещин из них 2 скола протяженностью до 16мм, глубиной 4...7мм.

Очагами разрушения стенок пазов дисков служат транскристаллитные усталостные трещины, переходящие в меж-зерненое растрескивание хрупкого металла.

Измерениями установлены уровни средних значений твёрдости дисков компрессора: 3-й ступени - 238НВ, 7-ой ступени - 251НВ, что соответственно по шкале ВИАМ ориентировочно равно интервалу значений временного сопротивления $б_в$=820МПа и 860 МПа. Такие значения свойств соответствуют состоянию термического улучшения хромистой стали 20Х13 при заниженном значении твердости.

Было изготовлено 11 микрошлифов с участков металла непосредственно прилегающих к стенкам пазов дисков (в 3-х направлениях) на оборудовании подготовки проб, соблюдая типовые требования обеспечения сохранности технологической и эксплуатационной наследственности стали.

Исследуемый металл, в проблемных зонах, очень сильно загрязнен вредными включениями (до предельного балла по ГОСТ 1778), что увеличивает его склонность к повреждению.

Также в исследовании установлено, что берега не сквозных трещин не протравливаются, что может свидетельствовать о наличии значительных остаточных (технологических) напряжений. В таком случае (если учесть этот наследственный технологический фактор) усиливается фактическая нагруженность стенок пазов дисков от воздействия замков рабочих лопаток в эксплуатации.

Особенности нанесения многослойных термобарьерных покрытий на цилиндрические подложки

Кубатина Е.П.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Лозован А.А.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
loz-plasma@yandex.ru

Термобарьерные покрытия (ТБП) обычно используются при высоких температурах для защиты и изоляции металлических компонентов, продлевая тем самым срок службы оборудования. Разработка более совершенных многослойных ТБП весьма актуальна для аэрокосмической, энергетической, атомной и других отраслей промышленности.

Одной из основных задач при разработке ТБП является снижение остаточных напряжений в покрытии, приводящих их к преждевременному выходу из строя. Значительные усилия были посвящены анализу этих остаточных напряжений, в том числе методами математического моделирования, например, методом конечных элементов. В результате разработки ряда моделей на целый ряд вопросов проектирования

многослойных ТБП с низкими остаточными напряжениями были получены ответы. Часть из них является общими для многослойных покрытий различного назначения, в то время как другие являются специфическими для ТБП. Так при высокой температуре вдоль связующего слоя и/или верхнего слоя обычно образуется термически выращенный оксид, а затем остаточные напряжения могут генерироваться несовпадением коэффициентов теплового расширения (КТР) во время этого процесса. Эти остаточные напряжения характеризуются как движущая сила разрушения системы покрытия.

Большинство результатов получено для плоских подложек. Задачей данной работы является нанесение многослойных ТБП на цилиндрические подложки, что существенно усложняло моделирование. Тем не менее были созданы модели 2-4-слойных покрытий на цилиндрических подложках, позволяющие предсказать термически стимулированные остаточные напряжения в многослойных покрытиях. Во время охлаждения осевые силы в продольном направлении и межфазные давления в радиальном направлении получаются из-за напряжений несовпадения параметров решетки и КТР материалов покрытий.

Моделирование показало также, что для снижения остаточных напряжений многослойных покрытий необходимо уменьшать толщину отдельных слоев. Кроме того, необходимо напылять как можно более гладкие отдельные слои, так как установлено, что локальные острые неровности являются причиной образования трещин. Однако, кроме локальных неоднородностей к росту остаточных напряжений приводит увеличение макрокривизны подложки, что весьма важно учитывать при напылении покрытий на цилиндрические подложки. Радиальное напряжение на шероховатой поверхности раздела можно разделить на две части: общий уровень напряжения от кривизны поверхности и локальное напряжение от локальной неровности поверхности раздела. Факторами, влияющими на общий уровень напряжений являются макро-радиус кривизны подложки, толщины слоев, модули упругости и КТР, и т. д. каждого материала у поверхности раздела.

Выпуклая макрокривизна подложки может вызывать растягивающие напряжения на границе раздела. Особенно это проявляется на острых углах неровностей, меньший радиус кривизны которых может привести к повышению напряжения, которое в свою очередь может привести к растрескиванию на поверхности раздела.

Для нанесения многослойных ТБП в данной работе используется многокатодное магнетронное напыление с замкнутым полем. Обычно у покрытий, напыленных магнетронами, имеются существенные остаточные напряжения. Применение схемы замкнутого поля, а также дополнительного облучения подложки ионами с помощью протяженного ионного источника, позволяет проводить осаждение слоев покрытий при низкой температуре.

Адсорбция компонентов СОТС на металлической поверхности при обработке резанием

Курин М.А.
НАУ им. Н. Е. Жуковского ХАИ, каф. 204
kurin_83@mail.ru

Технический прогресс в авиационной промышленности и сопутствующее ему применение коррозионностойких, высоко- и жаропрочных материалов и сплавов для изготовления наиболее ответственных деталей неразрывно сопряжено с развитием методов высокопроизводительной механической обработки. Одним из путей повышения эффективности обработки резанием труднообрабатываемых материалов является направленная активация эффектов действия компонентов СОТС в зоне резания. Вскрытие физической сути явлений, а также разработка математических моделей важнейших аспектов действия компонентов СОТС на зону резания является междисциплинарной проблемой, имеющей важное прикладное значение в области механической обработки труднообрабатываемых материалов.Образование новой поверхности сопровождается сложным комплексом явлений, приводящих к изменению физико-химических свойств деформируемого тела вследствие взаимодействия с окружающей средой. Этот комплекс

явлений, вызывающий понижение поверхностной энергии твердого тела, как при адсорбции поверхностно-активных веществ из среды, так и при смачивании твердого тела средой получил название эффекта Ребиндера. Как известно центрами адсорбции на ювенильной поверхности являются места нарушения регулярности кристаллической решетки (структурных несовершенств), к которым можно отнести границы зерен, ядра дислокаций, вакансии, атомы замещения и внедрения, и пр. Именно на таких «ловушках» адсорбируются молекулы поверхностно-активных веществ СОТС.Одной из основных причин уменьшения работы резания металлов и энергии пластической деформации в присутствии СОТС, по всей видимости, является адсорбция водорода поверхностью металла в процессе технологической операции.Источниками водорода могут быть соединения как органической, так и неорганической природы, главным из которых является вода, а причиной наводороживания поверхности является синергетическое действие таких поверхностных явлений как экзоэлектронная эмиссия, трибодеструкция и адсорбция, которые приводят к последовательному разложению молекул воды, углеводородов и прочих поверхностно-активных веществ и выделению водорода с последующим его поглощением металлической поверхностью.

Использование электро-дислокационной аналогии, основанной на подобии дислокации Вольтерры цилиндрическому конденсатору,позволяют связать воедино электрическую природу ядра дислокации с механическими характеристиками материала, в котором образован рассматриваемый топологический дефект.

На основании теории диссоциативной адсорбции принята зависимость для расчета количества молекул среды, поступающих в единицу времени к ювенильным участкам поверхности, образуемым при диспергировании обрабатываемого металла в единицу времени. Это позволило разработать математические модели для расчета соотношения работ деформирования элемента поверхностного слоя с адатомами и ювенильной поверхности, а также плотности дислокаций.

Разработка схемы замещения процесса плазменно-электролитического оксидирования магниевых сплавов

Лазарев Д.М., Маляров О.В., Фаткуллин А.Р.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Парфенов Е.В.
УГАТУ, каф. ТОЭ
denis_rb84@mail.ru

В настоящее время повышенное внимание специалистами уделяется магниевым сплавам, которые являются наиболее легкими из всех известных конструкционных материалов на металлической основе. Однако низкие показатели стойкости к износу и коррозионному разрушению сдерживают широкое применение магниевых сплавов в авиационной и аэрокосмической отраслях промышленности. Решением данной проблемы является создание на поверхности магниевых сплавов оксидных покрытий, обеспечивающих требуемые эксплуатационные свойства обрабатываемых деталей. Одним из современных методов получения подобных покрытий является плазменно-электролитическое оксидирование (ПЭО). Плазменно-электролитическое оксидирование, в том числе магниевых сплавов, сопровождается сложными электрофизическими явлениями, стадии и закономерности которых могут быть описаны с помощью эквивалентных схем замещения данного процесса.

В данной работе разработана и обоснована схема замещения процесса плазменно-электролитического оксидирования магниевых сплавов.

Эксперименты по плазменно-электролитическому оксидированию магниевых сплавов проводились в униполярном импульсном режиме с помощью автоматизированной технологической установки для электролитно-плазменных процессов на кафедре ТОЭ УГАТУ. В ходе ПЭО с помощью цифровой системы сбора данных регистрировались осциллограммы напряжения и тока цепи нагрузки. Анализ переходных процессов, возникающих в цепи нагрузки, показал наличие экспоненциальных спадов напряжения в моменты паузы и апериодических выбросов на фронтах импульсов тока. С

помощью программного обеспечения, разработанного в среде MATLAB, проводилась аппроксимация осциллограмм напряжения и тока экспоненциальными моделями различных порядков, при этом программно рассчитывались такие параметры переходных процессов как постоянная интегрирования и постоянная времени. Наилучшее качество аппроксимации, в зависимости от приложенных амплитуд импульсов напряжения, показали модели первого и второго порядков.

По результатам аппроксимации осциллограмм была построена эквивалентная последовательно-параллельная схема замещения нагрузки, состоящая из одного сопротивления R_0 и двух параллельных *RC*-цепей, соединенных между собой последовательно. По найденным значениям постоянных интегрирования и постоянных времени были рассчитаны элементы схемы замещения, физическим смыслом которых могут являться: R_0 – сопротивление электролита, R_1 – сопротивление микроразрядов в порах покрытия, R_2 – сопротивление барьерного слоя, C_1 – емкость покрытия, C_2 – емкость барьерного слоя.

Таким образом, разработанная схема замещения процесса ПЭО имеет четко интерпретируемый физический смысл, выявляющий электрофизические процессы, происходящие при росте покрытия на магниевых сплавах – массоперенос, перезаряд двойного электрического слоя и другие. При этом численные значения параметров элементов схемы замещения определяют количественные характеристики данных процессов, что позволит оценивать толщину покрытия, степень пористости, шероховатости и другие характеристики в ходе плазменно-электролитического оксидирования.

Керамики на основе оксинитрида алюминия как материал для авиации и изделий специального назначения

Ларионов М.Д.[2], Просвирнин Д.В.[1]
[1] ИМЕТ РАН, [2] МАИ, каф. МиТОМ
larionov1996@mail.ru

Потребность в прозрачных материалах с высокими механическими и защитными характеристиками все чаще имеет место в различных областях техники, таких как: авиастроение, автомобилестроение, военная промышленность и другие. Примером таких материалов могут быть сапфировые и органические стекла, поликарбонаты и полеуретаны, шпинель, лейкосапфир и оксинитрид алюминия $Al_{23}O_{27}N_5$ (AlON), обладающий такими свойствами как: высокая прочность, прозрачность и небольшой вес готового изделия.

Основной и самой сложной задачей, при получении защитных керамик, является определение оптимальных способов синтеза исходных порошков, параметров прессования и спекания, температурных режимов и пр., для получения заданных свойств. Основными свойствами, требующимися от высокопрочных, защитных керамик, являются: соответствующие их применению ограничения по массе; размеры, обеспечивающие необходимую обзорность; живучесть – способность защитных изделий выдерживать механические воздействия высокой интенсивности; приемлемые оптические характеристики.

Один из способов применения керамики на основе оксинитрида алюминия - изготовление изделий для прозрачной брони(бойницы и смотровые стекла бронемашин, защитные щиты и конструкции), обтекатель и купол системы наведения ракет, защищающие пилота самолета лобовые стекла в кабине и другие прозрачные изделия с повышенными требованиями к прочности. Отличительной чертой керамики является её прозрачность, высокая прочность, при малом весе, по сравнению с бронестеклом, на единицу поверхности. Оксинитрид алюминия применяется в качестве прозрачного слоя в композитных стеклах, что позволяет получить более высокую прочность при меньшем весе конечного изделия. Оксинитрид алюминия был признан перспективным материалом для использования в производстве защитных элементов и конструкций. Однако, следует отметить, что до последнего времени проблемам прозрачной керамики из оксинитрида

алюминия в России уделялось мало внимания. Как следствие, на данный момент отсутствуют как отработанная технология производства порошка оксинитрида алюминия необходимого качества, так и технология получения из него прозрачных керамических деталей.

Влияние режима сварки на свойства соединений сплава 1565чМ, выполненных сваркой трением с перемешиванием

Лашин А.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Андреева Л.П.
Московский политехнический институт, каф. ОТСП
alpinestar994@gmail.com

Сплав 1565чМ, относится к свариваемым сплавам на основе системы алюминий магний и обладает лучшим комплексом свойств, чем широко известные сплавы АМг5 и АМг6.

В этой связи он успешно начал применяться для производства сварных конструкций автоцистерн для перевозки сыпучих грузов (цемент, зерно и др.), перевозки топлива (светлые и темные нефтепродукты и т.д.). Это позволило снизить вес конструкций на 20% по сравнению с конструкциями из сплава АМг5.

Учитывая расширяющееся применение сварки трением с перемешиванием (СТП) для изготовления конструкций из листовых алюминиевых сплавов с прямолинейными швами большой протяженности, в задачу данной работы входила оценка влияния параметров режима сварки трением с перемешиванием (СТП) на комплекс механических свойств листов сплава 1565чМ.

Для исследований использовали листы алюминиевого сплава 1565чМ толщиной 5 мм.

Для сварки трением с перемешиванием (СТП) стыковых соединений применялся горизонтальный фрезерный станок Agile CS 1000 оснащенный специальным инструментом для СТП. Инструмент выполнен в виде державки со сменным наконечником, состоящим из заплечика и индентора (штифта), на поверхности которого выполнена винтообразная канавка и лыски глубиной 0,3–0,4 мм. Индентор диаметром 4,7 мм имел высоту 4,8 мм для гарантированного соединения свариваемых листов. Угол наклона рабочего инструмента относительно оси шва в направлении сварки 3.

На первом этапе исследований было изучено влияние скорости вращения инструмента и скорости сварки на качество формирования стыковых соединений листов сплава 1565чМ.

В результате проведенных исследований выявлено, что при использовании сварки трением с перемешиванием алюминиевых тонколистовых сплавов 1565чМ на качество формирования швов влияет точный подбор глубины погружения инструмента в свариваемый металл, частота вращения инструмента и скорость его линейного перемещения вдоль стыка или скорость сварки (Vсв).

Для обеспечения качественного формирования швов необходимо погружать инструмент в свариваемый металл на глубину 0,10...0,15 мм и в процессе сварки за счет осевого усилия прижатия поддерживать его в таком положении.

Эксперименты по определению температуры нагрева сплава 1565чМ в зоне формирования соединения при сварке трением с перемешиванием показали, что максимальная температура составила в пределах 482С, что свидетельствует о пребывании алюминиевого сплава 1565чМ в пластичном состоянии.

Механические свойства сварных соединений определяли на образцах по ГОСТ 6996–66. Проведенные исследования свойств соединений сваркой СТП алюминиевого сплава 1565чМ показали, что предел прочности (в) соединения увеличивается при увеличении скорости сварки и частоты вращения инструмента до определенного значения. При дальнейшем увеличении этих параметров в соединения сплава 1565чМ снижается. Наибольшее значение в составляет 348 МПа, коэффициент прочности

соединения К=0,97 при скорости вращения инструмента N=1200 об/мин и скорости сварки 12 м/ч.

Исследование влияния термоводородной обработки и вакуумного ионно-плазменного азотирования на свойства циркониевого сплава Zr-2,5%Nb

Лиджиев А.А., Сафарян А.И., Чернышова А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Мамонов А.М.
МАИ, каф. МиТОМ
an.safaryan@gmail.com

Сплавы на основе титана и циркония являются одними из лучших металлических материалов по биологической совместимости, коррозионной стойкости в среде организма человека, удельной прочности, что определяет их известные преимущества при использовании в качестве материалов для имплантируемых медицинских изделий. Однако низкие триботехнические свойства исключают их применение в узлах трения имплантатов. Применение комплексной технологии, включающей термоводородную обработку (ТВО) и вакуумное ионно-плазменное азотирование (ВИПА), эффективно применяется в производстве компонентов эндопротезов из титановых сплавов. Цирконий по физико-химическим параметрам и взаимодействию с водородом является аналогом титана. Поэтому целью данной работы является исследование влияния термоводородной обработки и вакуумного ионно-плазменного азотирования на свойства циркониевого сплава Zr-2,5%Nb

Исследования проводили на образцах, вырезанных из прутка сплава Zr-2,5Nb диаметром 40 мм. Термоводородная обработка включала насыщение водородом до концентраций 0,6 и 0,8% по массе при температуре 800°С (в β-области) и двухступенчатый вакуумный отжиг при температурах 550 и 700°С. В результате ТВО достигается более однородное и мелкодисперсное структурное состояние, характеризующееся частичной глобуляризацией α-пластин или уменьшением отношения их длины к толщине. Такая структура увеличивает эффективность последующего азотирования.

После ТВО образцы подвергали вакуумному ионно-плазменному азотированию, которое осуществляли на модифицированной установке «Булат» в азото-аргонной среде при температурах 580 и 620°С.

Фазовый состав сплава Zr-2,5Nb представлен фазами α-Zr и небольшим количеством β-Zr. Азот является α-стабилизатором, поэтому насыщение им поверхностных слоев приводит к уменьшению количества β-фазы, увеличению количества α-фазы, а также возрастанию параметров решеток этих фаз. Наличие светло-желтого цвета на поверхности образцов говорит о существовании на ней нитрида ZrN. При увеличении температуры азотирования до 620ºС на дифрактограммах появляются отчетливые линии нитрида ZrN.

Для оценки толщины азотированного слоя был использован метод измерения микротвердости на «косых» шлифах. Повышение температуры с 580ºС до 620ºС приводит к уменьшению глубины азотированного слоя с 40 до 30 мкм.

До проведения химико-термической обработки твердость сплава составляет 178 HV 0,05. После ТВО и азотирования при 580ºС микротвердость поверхности возрастает до 367 HV 0,05. Дальнейшее повышение температуры азотирования до 620ºС приводит к интенсивному формированию нитридов, что является причиной возрастания микротвердости до 406 HV 0,05.

Таким образом, применение после ТВО вакуумного ионно-плазменного азотирования позволяет повысить микротвердость поверхности циркониевого сплава приблизительно в 2 раза по сравнению с исходным состоянием.

Разработка режимов орбитальной сварки контурных тепловых труб

Левшов А.И.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Фролов В.А.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
vzm_artem@mail.ru

Тепловая труба представляет собой цилиндрический замкнутый объем, который частично заполнен теплоносителем, тепловые трубы изготавливаются из стали 12Х18Н10Т. Внутри трубы вставлена специальная трубка, имеющая капиллярную структуру (фитиль). Контурные тепловые трубы имеют замкнутый контур циркуляции, теплоноситель циркулирует по замкнутому контуру, от испарителя, установленного на электронных приборах, пар теплоносителя поступает в конденсатор, где конденсируется и в жидком состоянии по капилляру поступает опять назад в испаритель. Были отработаны режимы сварки неповоротных стыковых соединений, трубок Ø6мм., с толщиной стенок 0,5мм.

Для исключения образования сварных дефектов при монтаже трубопроводов не допускается попадание масел и загрязнений во внутреннюю полость и на поверхность трубопроводов. Руки рабочих, производящих монтаж, а так же спецодежда, центровочный шаблон не должны быть загрязнены и замаслены. Для промывки трубопроводов применяется один из следующих растворителей: четыреххлористый технический углерод (ГОСТ 4-40), который хранят в закрытой герметичной таре в количестве не более 1 литра или спирт этиловый ректификат (ГОСТ 6962-51). В качестве защитного газа используется аргон, газообразный чистый по ГОСТ 10157-73, высшего сорта с содержанием: 99,99%.

Перед сваркой трубные заготовки с помощью центровочного шаблона устанавливается в зажимную систему (UHP 250-2 и 500-2) сварочной головки. Перед началом сварки и по ее завершению в течение 20 секунд автоматически по заданным параметрам происходит продувка аргоном, чтобы исключить кислород из газового тракта, уровень кислорода должен опуститься до 0,001%. Во время сварки необходимо поддерживать постоянный расход формирующего газа. По завершению сварочного процесса, сварные швы подвергались визуальному осмотру, затем образцы, которые прошли ВИК, отправлялись в рентген лабораторию для проведения дальнейших испытаний. Образцы, которые прошли на рентген исследования были переданы на испытания на прочность герметичность.

В результате проведенных исследований были определены оптимальные режимы для сварки труб Ø6мм., и толщиной стенок 0,5мм. Сила тока 20 А., напряжение дуги 18 В., скорость перемещения электрода 8,9 см/сек., время заварки кратера 2 сек.

Распределение давления дуги с неплавящимся электродом на поверхности сварочной ванны

Ломтев С.А., Нгуен З.З., Толстов А.А.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Савинов А.В.
ВолгГТУ, каф. ОТСП
seryj.lomteff@yandex.ru

При исследовании процессов создания швов сваркой неплавящимся электродом получено, что основания дефектов сварных соединений надлежит разыскивать не только в природе силового влияния дугового разряда, но и в характере распределения давления по поверхностной площади анода. Для составления эпюр давления в зависимости от силы сварочного тока, соотношения составляющих аргоно-гелиевой смеси, а так же свойств катодных процессов в дуге проведен ряд опытов, в процессе которых концентрация гелия в смеси менялась от 0 до 100 % , а общий расход газов равнялся ($Q_г$) 20 л/мин, скорость сварки оставалась постоянной ($v_{св}$) 20 м/ч. Дистанция между катодом и проплавляемой пластиной составляла($l_д$) 2 мм. Из катодов применяли электроды традиционные с заточкой на конус 45° и «полый» катод, а также электроды с рабочим участком состоящем из сопряженных усеченных конусов (патент на полезную модель № 63279). Для

аргонодуговой сварке с применением вольфрамового катода с рабочим участком, заточенным на 45°, максимальное давление имеет значение равное (p_{max}) 2630 Па, при токе дуги 300 А. Если концентрации гелия в защитном газе находится в диапазоне 20 … 25 %, то в результате получаем скачкообразное понижение p_{max} и изменение характера его распределения по поверхностной площади сварочной ванны. Похожая ситуация происходит при возрастании сварочного тока до 400 А. Быстрый спад p_{max}, наравне с возрастанием объема жидкого металла, уменьшает интенсивность потоков в ванне, а так же возможность появления дефектов, например бугров, наплывов, пор и подрезов. Оптимальные геометрические параметры сварного шва получатся при высоком содержании гелия в защитном газе, т.к. достигается сглаживание кривой давления. При этом добавка 20 … 25 % гелия в смесь, снижает объём жидкого металла сварочной ванны, поэтому даже более малого давления хватает для интенсивного смешивания металла сварочной ванны и поэтому происходит появление дефектов. Для концентрации гелия равной 50 %, достигается нормализация формирования сварного шва, из за понижения силы поверхностного натяжения при переходе к смесям с увеличенным количеством Не. У дуги с полым катодом в аргоне p_{max} равняется 2620 Па при значении тока 400 А и 3530 Па при 500 А, что существенно меньше схожего показания для катода с традиционной формой рабочего участка. Для выравнивания температуры нагрева рабочего участка, следует повысить процентное содержание Не в смеси. Размеренный нагрев электрода повышает площадь катодного пятна и меняет характер протекания катодных процессов. Высококачественные швы были получены при использовании полых катодов, т.к. повышение тока дуги не ухудшает формирование сварного шва. Для электродов с рабочим участком в виде сопряженных конусов, результаты подобны при сварке с полым катодом. Немного большие значение p_{max} (превышение от 300 до 500 Па, в зависимости от соотношения составляющих Ar-He смеси) не склоняет к существенному нарушению формирования сварного шва. Это достигается за счет разного процесса привязки диффузного катодного пятна на рабочем участке электрода. При сварке дугой с полым катодом активное пятно находится на внутренней стенке полости и представляет собой кольцо, что приводит к уменьшению катодного потока прямо на оси электрода. При данном случае, площадь этого кольца меняется соразмерно току дуги. А у электродов с рабочим участком в виде сопряженных конусов поверхность, захватываемая катодным пятном, конструктивно ограничена. Следовательно, использование электродов свежей конструкции при сварке в инертных газах оправданно не только с точки зрения увеличения диапазона сварочных токов, но и за счет качества формирования шва.

О природе 250-градусного пика внутреннего трения в сплавах системы Ti-Nb-Me

Маркова Г.В., Юдина Е.Э.
Научный руководитель – д.т.н., проф. Маркова Г.В.
ТулГУ, каф. ФММ
sweta.novosvetloffa@yandex.ru

В последнее время сплавы систем Ti-Nb-Me стали широко применяться в области медицины в качестве имплантатов, поскольку эти сплавы обладают сравнительно низкими значениями модуля упругости, высокой биосовместимостью, не окисляются и не разрушаются в среде человеческого организма.

Одним из методов изучения свойств в сплавах является метод внутреннего трения (ВТ). Подобных исследований в системах Ti-Nb-Me сравнительно немного. Согласно литературным данным, а также результатам, полученным на кафедре ФММ ТулГУ, спектр ВТ для сплавов Ti-Nb-Me состоит из нескольких температурных пиков ВТ. Особый интерес представляет изучение температурного спектра ВТ этих в сплавах в диапазоне температур 200…350 °С, где был обнаружен широкий асимметричный максимум ВТ, который сопровождается аномальным повышением упругих констант. Природа этого пика спорная и окончательно не выяснена.

Согласно литературным данным, 250-градусный пик ВТ может быть связан с атомами металла, такими как Ti и Nb. Высота пика сильно зависит от содержания Nb сплава, и с изменением концентрации Nb изменяется немонотонно.

Однако, литературные данные говорят о том, что именно скачки кислорода в растворе с ОЦК решеткой являются основными физическими механизмами образования пика. Увеличение высоты пика при насыщении сплава кислородом, позволило авторам [1] связать максимум с релаксационными процессами, вызываемыми изменением положения атомов кислорода в порах кристаллической решетки сплава. Максимум был разложен на шесть дебаевских пиков. Предложены шесть процессов релаксации. Первый, при более низкой температуре (около 150 °C), был связан с упорядочением свободных атомов кислорода и расположением их вокруг атомов тантала. Второй пик связан с упорядочением атомов кислорода вокруг атомов ниобия (Nb-O). Вызванный напряжением Nb-O-O релаксационный пик расположен примерно при температуре 220 °C. Четвертый, доминирующий пик (250 °C), связан с упорядочением атомов кислорода вокруг атомов титана под напряжением (Ti-O). Вызванный напряжением Ti-O-O эффект релаксации расположен при температуре 280 °C. Пятый релаксационный пик (Zr-O) расположен при высокой температуре (около 320 °C) и предположительно связан с упорядочением атомов кислорода вокруг третьего компонента сплава Zr под действием нагрузки.

Основываясь на литературных данных, можно сделать следующие предположения о природе 250-градусного пика внутреннего трения для сплавов Ti-Nb и Ti-Nb-Me:

1. Широкий асимметричный максимум внутреннего трения относится к линейной неупругой релаксации, поскольку высота пика и его температурное положение не зависит от амплитуды колебаний;

2. Температурное положение и высота пика зависит от содержания кислорода в сплаве, и при увеличении концентрации кислорода пик смещается в область более высоких температур и высота пика увеличивается;

3. Широкий асимметричный максимум ВТ является суперпозицией нескольких парциальных пиков, обусловленных диффузией под напряжением отдельных атомов кислорода и кислородных пар в октаэдрических междоузлиях ОЦК решетки.

Список литературы:

1. L.H. Almeida, C.R. Grandinia, R. Caramb. Anelastic spectroscopy in a Ti alloy used as biomaterial // Materials Science and Engineering: A, 2009, pages 59–62.

Сенсорная платформа для технологических процессов электролитно-плазменной обработки

Мелихов В.В., Федичкин И.Д.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Людин В.Б.
МАИ, каф. ТППИСУЛА,
byldog2007@bk.ru

В современных системах автоматизированного управления технологическими процессами электролитно-плазменной обработки осуществляется постоянный мониторинг состояния распределенных объектов контроля и управления: обрабатываемых деталей, электролита, систем его перемешивания и охлаждения, дозаторов компонентов электролита и др. Для этого объекты контроля и управления оснащают соответствующими датчиками, которые в зависимости от условий мониторинга могут быть как стационарными, так и мобильными.

Мобильные датчики используются, например, для контроля температуры в областях электролитной ванны с плохими условиями перемешивания или контроля распределения электрического потенциала в электролите. Для свободного перемещения этих датчиков в пределах контролируемых объектов целесообразно обеспечить их длительное автономное электропитание и канал беспроводной связи для передачи информации к базовой приемо-передающей станции.

Для размещения одного или нескольких мобильных датчиков была разработана сенсорная платформа. Источником питания в этой платформе является литий-ионный

аккумулятор MH12210 с номинальным напряжением 3,6 В и емкостью 3,2 А·ч. В процессе работы напряжение на аккумуляторе может изменяться в пределах от 2,5 (полностью разряженный аккумулятор) до 4,2 В (полностью заряженный аккумулятор). Для питания интегральных датчиков, устанавливаемых на платформу, требуется напряжение в пределах от 3,3 до 5 В, а для питания остальной электроники платформы – 3,3 В. Допустимая нестабильность этих напряжений не должна превышать 2 %. Это требует применения двух независимых импульсных синхронных преобразователей напряжения TPS63000DRCR с высоким КПД (96 %).

Учитывая, что мобильные датчики, используемые в электролитно-плазменных технологиях, могут быть расположены как в воздушной, так и водной средах, в сенсорной платформе предусмотрены два канала связи с базовой приемо-передающей станцией – радиоканал по протоколу ZigBee и ультразвуковой канал с импульсно-кодовой модуляцией. Связь по радиоканалу обеспечивается с помощью модуля E18-MS1-PCB, который оснащен микроконтроллером CC2530F256. На этот микроконтроллер также возложены функции управления процессами сенсорной платформы. Обмен данными в ультразвуковом канале связи осуществляется на несущей частоте 40 кГц, для чего платформа оборудована ультразвуковым передатчиком и приемником серии U4010.

Быстродействующий микроконтроллер CC2530F256 базируется на ядре семейства 8051 и обладает широким набором периферийных устройств: приемопередатчик радиоканала, 12-битный аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), два последовательных порта UART/SPI, контроллер шифрования данных, контроллер управления потребляемой мощностью и т.д. Наличие АЦП в микроконтроллере обеспечивает оцифровку сигналов аналоговых датчиков, а SPI интерфейса – накопление данных на картах внешней flash-памяти и тем самым – возможность архивировать данные и протоколы работы сенсорной платформы.

Испытания сенсорной платформы с датчиком температуры DS1820 (интервал обновления данных 2 с) показали, что время ее автономной работы при использовании радиоканала связи и полностью заряженного аккумулятора составляет 320–360 часов (13–15 дней), а при использовании ультразвукового канала связи – 120–140 часов (5–6 дней).

Перспективы применения проволоки с высоким содержанием переходных металлов для аддитивной технологии

Мешков Д., Предко П.Ю., Ткачёв В.В.
Научные руководители – профессор, д.т.н. Конкевич В.Ю., доцент, к.т.н. Кунявская Т.М.
МАИ, каф. ТиСАПР МП, каф. МиТОМ
vit.tkachyov-1994@yandex.ru

В настоящее время процессы аддитивной технологии можно разделить на две основные группы. Первая - технология послойного синтеза, т.н. «Bed Deposition», при которой подразумевается наличие нижней поверхности (bed), на которой формируется слой порошка, выборочно кристаллизующегося (спекающегося) под действием источника энергии (лазера, электронного луча). Вторая технология прямого осаждения металла, т.н. «Direct Deposition», предполагает подачу металла, направление энергии и осаждение материала в конкретную точку построения 3d детали.

Первая технология предполагает использование в качестве материала металлопорошковых композиций, а при технологии «Direct Deposition» можно использовать как порошок, так и проволоку.

Учитывая, что в процессах аддитивного производства, и в частности, процессах «Direct Deposition» происходит кристаллизация с высокой скоростью охлаждения, перспективным материалом для синтеза 3d деталей из алюминиевых сплавов или наплавления поверхностных слоев с высокими эксплуатационными характеристиками (например наплавка в зоне канавки поршней) является проволока с повышенным содержанием переходных металлов. Принципы легирования проволоки для аддитивного производства аналогичны принципам легирования гранулируемых (быстрозакристал-лизованных) алюминиевых сплавов. Использование высоколегированной проволоки при

технологии “Direct Deposition” позволяет обеспечить формирование аномально пересыщенных твердых растворов малорастворимых переходных металлов, таких как Zr, Cr, Ti, диспергировать фазы нерастворимых металлов, таких как Fe, Co, Ni, РЗМ. Это, в итоге, может обеспечить получение деталей с особыми физическими свойствами, существенно увеличить износостойкость, ресурс работы поверхностных слоев. При изготовлении проволоки для аддитивной технологии чрезвычайно важно, однако, обеспечить формирование в проволоке исходных дисперсных интерметаллидных фаз. Измельчение первичных интерметаллидов в исходной проволоке возможно за счет использования различных технологических приемов.

Применение высоколегированной проволоки возможно с использованием аддитивного технологического процесса, который применяет компания Siaky. Данная технология называется EBDM – Electron beam Direct Manufacturing («электроннолучевое прямое производство»).

Нам представляется, однако, более эффективным, с точки зрения достижения оптимальных структурных характеристик металла 3d деталей, применение технологии лазерного наплавления (Lazer Clading) с помощью коаксильных головок типа COAX, разработанных Фраунгоферовским институтом материалов и лазерных технологий. Лазерная головка представляет собой чрезвычайно сложное устройство с системами фокусировки лазера, охлаждения и подачи материала, а также элементы системы управления (датчик, видеокамера и т. д.).

С учетом имеющегося опыта по лазерной обработки гранулируемых алюминиевых сплавов с высоким содержанием переходных металлов, нам представляется, что применение технологии лазерного наплавления позволит обеспечить получение деталей с уникальным уровнем физических и эксплуатационных свойств.

Поверхностное армирование электроискровым легированием

Моени Табатабаи Донья Садат
Научный руководитель – к.т.н. Курицына В.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
donya_2nya86@yahoo.com

В работе рассматривается технология поверхностного армирования, которая заключается в упрочнении локальных участков равномерно расположенных по поверхности. Такая обработка может обеспечить необходимый уровень эксплуатационных свойств при значительном увеличении производительности. Кроме того, поверхностное армирование позволяет сочетать свойства основного материала и материала упрочненных участков. Например, при армировании легирующим электродом из антифрикционного материала закаленной стали, легированные участки обеспечивают снижение коэффициента трения, а износостойкость определяется основным материалом. На базовый материал могут быть нанесены участки антифрикционного и износостойкого материала, что позволяет обеспечить износостойкость и увеличить уровень антифрикционных свойств.

Возможные различные формы и размеры упрочненных участков, например, в виде ячеек квадратной прямоугольной, ромбической или шестиугольной формы. Их выбор зависит от возможностей применяемого оборудования. Он резко возрастает при использовании оборудования с ЧПУ. Настоящая работа выполнялась на установке ЕЛФА-731. Целесообразно также нанесение круглых участков, имеющих диаметр электрода, путем периодических остановок ЛЭ на промежутки времени, в течение которых производится легирование участка под электродом. Упрочненные круглые участки могут располагать по углам квадрата, либо иметь плотную упаковку.

Поверхностное армирование может сочетаться со сплошным легированием. Например, сначала наносится слой легирующим электродом из износостойкого материала, а затем формируется рельеф из антифрикционного материала. Очевидно также, что возможно перекрестное нанесение рельефов, сдвинутых относительно друг друга на определенную величину, с подбором размеров квадратных или прямоугольных ячеек и

величины сдвига, обеспечивающего упрочнение всей поверхности, причем она будет состоять из участков упрочненных различными материалами. Например, сначала наносится сетка ячеек ЛЭ из износостойкого материала, а затем, со сдвигом, сетка ячеек из антифрикционного материала.

Сочетанием поверхностного армирования и алмазного выглаживания можно получить армированные регулярные микрорельефы, т.е. поверхности с выступами из упрочненного материала. При такой обработке образуются углубления или канавки обеспечивающие маслоемкость поверхности. При наличии требований по герметичности сопряжений деталей,- рекомендуется наносить ячейки в виде сетки замкнутого типа. Напротив, чтобы улучшить перетекание масла в контакте поверхностей, целесообразно наносить ячейки разомкнутого типа. При алмазном выглаживании поверхностей с нанесенными ячейками из-за большей твердости упрочненных участков, заглубление выглаживателя на исходном (не упрочненном) материале больше, чем на упрочненном. Соответственно большим является и пластическое оттеснение материала. В результате, после выглаживания формируется регулярный микрорельеф, выступы которого выполнены из материала большей твердости.

При выполнении работы получены аналитические выражения, позволяющие выполнять расчет плотности рельефа, доли номинальной поверхности занятой упрочненными участками, высоты микрорельефа. Показано, что такая обработка позволяет улучшить условия смазывания поверхностей пар трения, оптимально сочетать свойства основного и легированного материалов.

Разработка устройства неразрушающего контроля пористости материалов

Можегова Ю.Н.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Житников Ю.З.
КГТА им. В.А. Дегтярева, каф. ПМиСАПР
mjn78@mail.ru

Устройство содержит неподвижные и подвижные измерительные камеры, подвижную рабочую камеру. Между подвижными измерительными камерами и контролируемым изделием образованы газовые полости, герметичность которых обеспечивается прижатием камер к изделию с усилием Q. Для откачки газа из полостей используется насос. Для того, чтобы исключить возможность перетечки газа между полостями, каждую из них можно отключить от общей магистрали. Полость рабочей камеры соединена с атмосферой. Насос имеет возможность отключения от магистрали. Полости имеют выход на датчики давления газа, информация с которых автоматически через систему управления передается на ЭВМ, в которую встроен датчик времени. Мобильность и подвижность с сохранением герметичности соединения подвижных измерительных и рабочей камер обеспечивается за счет пружин и наличия в системе управления измерением механизма обеспечения автоматического перемещения подвижных измерительных и рабочей камер внутри неподвижных измерительных камер. В неподвижную измерительную камеру с установленной в ней подвижной рабочей камерой вмонтирован датчик температуры, подключенный к ЭВМ.

Устройство работает следующим образом.

На поверхности контролируемого изделия устанавливают от 1 до 5 неподвижных измерительных камер с расположенными в них подвижными измерительными камерами, число и размеры которых определяется величиной площади контролируемого изделия. На свободную поверхность материала устанавливают подвижную рабочую камеру и связанную с ней неподвижную измерительную камеру. После включения ЭВМ механизм обеспечения автоматического перемещения подвижных камер внутри неподвижных измерительных камер задает их положение согласно данным ЭВМ. С системы управления подается сигнал на автоматическое открытие клапанов, подходящих к измерительным подвижным и неподвижным камерам, рабочей камере, закрытие клапан соединения с атмосферой, включает насос и происходит откачка воздуха из полостей. При появлении на датчиках давления информации о наличии вакуума в полостях, сведения об этом

передаются в систему управления и ЭВМ, что приводит к автоматическому отключению насоса и соединению рабочей камеры с атмосферой. Начинается процесс течения газа через контролируемый материал из полости рабочей камеры в полости измерительных подвижных и неподвижных камер. На ЭВМ включается программа построения зависимостей изменения давления газа в полостях с течением времени. Датчик температуры передает сведения о температуре на ЭВМ, на которой автоматически строятся графические зависимости давления газа от времени для каждого из датчиков давления, передающего информацию в систему и определяются параметры пористости материалов для каждого из направлений течения газа, а затем и общее значение параметров для всего изделия. Для осуществления процесса непрерывного контроля возможно автоматическое перемещение подвижных измерительных камер и, при необходимости, подвижной рабочей камеры внутри неподвижных измерительных камер по всей длине поверхностей контролируемого изделия за счет автоматизированного запуска на ЭВМ механизма обеспечения автоматического перемещения подвижных камер внутри неподвижных измерительных камер. Механизм обеспечения автоматического перемещения подвижных камер управляет их перемещением внутри неподвижных измерительных камер согласно заданной оператором на ЭВМ траектории перемещения внутри неподвижных измерительных камер. Такой процесс контроля пористости материала изделия позволяет обеспечить точный и детальный контроль материала конструкций сложных форм и конфигураций.

Влияние технологических макронапряжений на реальную прочность поверхностного слоя

Морец Д.С.
Научный руководитель – доц., к.т.н. Маркова Е.В.
ТулГУ , каф. ТМ
marta06@yandex.ru

Для повышения свойств износостойкости и антифрикционности в машиностроении применяют низкотемпературный способ химико-термической обработки на основе насыщения сталей азотом и углеродом.

В процессе нанесения термодиффузионных покрытий на сталь происходит формирование различных термических и фазовых остаточных макронапряжений, которые располагаются в поверхностных слоях.

В работе проводили исследование термодиффузионного покрытия, полученного низкотемпературным методом насыщения углерода и азота на стали 30.

Наличие в поверхностном слое покрытия макронапряжений было зарегистрировано с использованием рентгеноструктурного анализа. Обнаруженные макронапряжения были отнесены к напряжениям сжатия, количественная мера которых увеличивалась по мере заглубления в поверхностный слой. Однако при некоторой толщине покрытия было получено, что напряжения сжатия перешли в напряжения растяжения. Определение глубины, при которой начинается переход напряжений сжатия в растяжения – цель данной работы.

При проведении микроструктурного анализа поверхностного слоя покрытия были обнаружены поры, сформировавшиеся в процессе нанесения данного покрытия. С помощью поляризационно-оптического метода анализировали распределения микронапряжений вокруг пор. Результаты исследований – распределение деформаций происходит неоднородно, причем повышенный уровень напряженного состояния отмечается, непосредственно в порах.

В работе установлена корреляция между количеством пор и уровнем микронапряжений, получена математическая зависимость этих параметров.

Проведение металлографического анализа позволило обнаружить микротрещины, начало которых приходится на поры, где установлены зоны с повышенным напряженным состоянием. Получена взаимосвязь между характеристиками упругости поверхностного слоя и материала основы с размерами микротрещин, образованных около пор.

Проводили исследование влияния концентрации пор на уровень микронапряжений в покрытии, которые показали, что существует некоторая математическая зависимость, связывающая эти параметры.

Известно, что концентрационные микронапряжения понижают прочность покрытия, в зонах, где присутствуют поры, за счет образования и роста микротрещин. В ходе исследований также были выявлены корреляционные зависимости между структурными характеристиками покрытия и уровнем микронапряжений в зонах пористости покрытия.

Результаты исследований могут стать основой для разработки некоторого эмпирического коэффициента, который поможет отслеживать уровень макронапряжений, образованных в процессе технологической обработки покрытия и определить условия повышения трещиностойкости исследуемых слоев покрытия.

Структура и механические свойства новой аустенитной азотистой коррозионностойкой стали 05Х21АГ15Н8МФ-П

Мудряк Д.О., Мурадян С.О.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Костина М.В.
ИМЕТ РАН, лаб. №19
dm.mudryak@gmail.com

В настоящее время востребованы новые специальные стали, способные превосходить традиционные по комплексу свойств, не уступая им по технологичности. В качестве наиболее экономичной основы для создания высокопрочных коррозионностойких сталей аустенитного класса, способных обеспечить высокое сопротивление воздействиям рабочих сред, рассматривается Fe-Cr-Ni-Mn аустенит, легированный азотом. Азот эффективно повышает уровень прочности сталей, их коррозионную стойкость, стабильность аустенита при охлаждении и пластической деформации.

В работе изучены структура, фазовый состав и механические свойства новой стали 05Х21АГ15Н8МФ-П в различных состояниях – состояние поставки в виде кованной полосы с завода «Электросталь» и после дополнительных термомеханических обработок по режимам ИМЕТ РАН.

Выплавленная сталь предназначалась для изготовления деталей с повышенной твердостью (HRC 45 и выше). Для этого в ИМЕТ РАН была проведена дополнительная термомеханическая обработка полосы 45х95 с уковом от 1,21 до 1,61.

Структура стали во всех состояниях представляла собой аустенит с размером зерен от 10 до 65 мкм. Ниже приводится таблица 1 со сравнением теоретических данных для сталей такого типа с содержанием азота 0,7 % масс. и практических результатов полученных совместными усилиями – завода «Электросталь» и ИМЕТ РАН.

Таблица 1. Сравнительная таблица полученных механических свойств стали 05Х21АГ15Н8МФ-П с теоретическими данными

№	Параметр	Теоретические данные	Металл в состоянии поставки с завода Электросталь	Поковки полученные по режимам ИМЕТ РАН
1	Концентрация азота, %	0,7	0,7	0,7
2	Диаметр зерна, мкм	45-65	45-65	10-20
3	Расчетный предел текучести, МПа по [1]	535 - 566	535 - 566	656 - 759
4	Расчетный предел текучести, МПа по [2]	625 - 674	625 - 674	819 - 1000
5	Предел текучести, МПа	620 [по 1]	730 – 800	
6	Предел прочности, МПа	890	945 – 1022	

7	Пластичность, %	47	35 - 44	
8	Твердость полученных поковок, HRC		28 - 30	37 - 40

Анализируя полученные данные видно, что результаты на практике превосходят теоретические. Это объясняется тем, что теоретические результаты рассчитываются для заданного размера зерна в состоянии закалки на твердый раствор. В данной работе замер механических свойств проходил сразу после ковки, без промежуточных отжигов для повышения характеристик прочности и твердости стали.

Согласование характеристик состава, структуры и свойств высокопрочных сталей

Муратаев А.Ф., Чубуков А.И.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Муратаев Ф.И.
КНИТУ-КАИ, каф МС и ПБ
Chubukov.alexey@gmail.com

Ни для кого не секрет, что при изготовлении медицинских инструментов и оборудования используют высококачественные материалы. Состав сплава и его технологическая наследственность играют огромную роль в определении его свойств и характеристик.

Представленные мартенситно-стареющие стали марок 03Х12Н8К5М2ТЮ (ЗИ-90), 03Х11Н10М2Т2 (ЭП-853) и зарубежной стали Sandvik исследуются в различных технологических условиях в виде листов, прутков и мед. инструмента. Твердость данных сплавов измерялась на микро-твердомере SHIMADZU DUH-211 методом Виккерса (HV), т.к. измерение твердости прутков с малым диаметром методом Роквелла (HRC) не целесообразно вследствие больших размеров отпечатка индентора. Измерения полученных длин диагоналей отпечатков индентора, сделанных на твердомере SHIMADZU DUH-211, имели статистический характер, ввиду получения коэффициентов перевода значений твердости HV в значения твердости HRC надлежащего качества, на микроскопах Levenhuk 2000, Remet HX-1000 и ПМТ-3.

Для получения более точных результатов переводных коэффициентов, полученных значений HV/0,1 в значения твердости HRC, были использованы стандартизованные эталоны 1 разряда для поверки микроскопов. Вышеперечисленные результаты значений микро-твердости HV/0,1, полученные на микро-твердомере SHIMADZU DUH-211, и HRC, рассматриваемых образцов указаны в таблице. Также описаны размеры исследуемых образцов, их состав, и используемые в исследовании твердомеры.

Как известно, свойства материала определяются не только составом, но и технологической наследственности. Заготовки и детали из стали 03Х12Н8К5М2ТЮ был подвергнут старению при температуре 480°С и сталь 03Х11Н10М2Т2 - при температуре 500 ° С. результаты измерений твердости и микро-твердости позволили обосновать оптимальный режим старения при температуре 480°С.

Термическая обработка осуществляется в режиме старения при 500°С, что приводит к более высоким значениям твердости, хрупкости и трещиноватости в производственной среде и при эксплуатации.

Таблица 1.

№	Обозначение	Материал	Твердость, HRC		КАИ, HV ($МПа^{x}10^{-1}$)	Наименование твердомера
			ТУ	КАИ		
1	2	3	4	5	6	7
1	Крючок 7-121.01	03Х12Н8К5М2ТЮ (ЗИ-90)	43…48	55...57	675…716	SHIMADZU DUH-211
2	Заготовка проволока термически обработанная	03Х12Н8К5М2ТЮ (ЗИ-90) Ø2,5мм	43…45	45…47	528…560	SHIMADZU DUH-211
3		03Х12Н8К5М2ТЮ (ЗИ-90) диаметр 2 мм	46…49	43…45	484…499	SHIMADZU DUH-211

4		03Х12Н8К5М2ТЮ (ЭИ-90) Ø1,4мм		43…46	499…541	SHIMADZU DUH-211
5	Деталь термически обработанная	03Х11Н10М2Т2 (ЭП-853), лист 3 мм	43…50	52…55	650…684	SHIMADZU DUH-211

Градиентные датчики теплового потока из слоистого композиционного материала кремний-алюминий

Набатчиков С.В., Салмин П.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Барабанова О.А.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
pav.salmin@gmail.com

Современная техника предъявляет к материалам новые, иногда несовместимые требования: прочность, анизотропия теплопроводности, сигнал термо-ЭДС достаточной мощности. Ни один металл, сплав или керамика не обеспечивают требуемый комплекс свойств. Только объединением нескольких материалов в единую структуру получают совершенно новый материал, свойства которого существенно отличаются от свойств его составляющих.

Отличительной особенностью слоистых композиционных материалов является то, что это всегда функциональные материалы – материалы со специальной совокупностью свойств, которые создаются для решения конкретной задачи.

Интересное развитие на кафедре получили работы по созданию слоистых композиционных материалов с анизотропией теплопроводности, и если традиционно мы занимались системой высокотеплопроводный металл – стекло, то сегодня это металл - металл. Предложение о проведение таких работ пришло из Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, в котором созданы опытные образцы высокотемпературных градиентных датчиков теплового потока, которые могут быть использованы для измерения температур, теплофизических и радиационных характеристик, касательных напряжений трения, а также параметров электрических цепей.

В настоящее время градиентная теплометрия является одним из лучших способов определения тепловых потоков. Однако применяемые в большинстве случаев датчики, выполненные из анизотропных кристаллов висмута, ограничивают возможности применения точкой плавления висмута (514К). Идея создать высокотемпературные градиентные датчики, впервые предложенная Л. Гайлингом в 1947г., до последнего времени оставалась нереализованной. Подавляющее большинство разработок, связанных с определением местных тепловых потоков на поверхности теплообмена при температурах 500К и выше, получены путем пересчета данных теплометрии, что требует вводить эмпирические коэффициенты, использовать умозрительные модели и т.д., что приводит к методическим погрешностям, оценить которые удается далеко не всегда. Кроме того, практически исключена возможность фиксировать, обрабатывать и анализировать пульсации тепловых потоков, имеющие первостепенное значение при исследовании обтекания тел потоками газа, при изучении сложного теплообмена и т.д. Применение градиентных датчиков для теплометрии при температурах до 1300К не имеет мировых аналогов, поскольку осуществляется на принципиально новой элементной базе.

Сегодня опробованы различные металлические СКМ (МСКМ).

Однако особый интерес вызывает применение композиций полупроводник-металл и полупроводник-полупроводник, поскольку значения коэффициентов термоЭДС у полупроводников на порядок и более превышают уровень, характерный, для металлов. Здесь особенно перспективна композиция из чередующихся слоев кремния с n- и p-проводимостью через фольгу алюминия. Именно на эти композиции и направлены наши исследования. Говоря о качестве СКМ *n*-кремний + алюминий + *p*-кремний+ алюминий, мы выделили комплекс свойств, который обеспечит функциональность и надежность ГГДТП: гарантированный физический контакт; равномерный плоскостной и неглубокий

по залеганию от поверхности фронт объемного взаимодействия; минимальное изменение электрофизических свойств монокристалла кремния в зоне сварки; приемлемую прочность СКМ и достаточно высокий уровень термоЭДС.

О влиянии химических технологий очистки эксплуатационных углеродсодержащих загрязнений на свойства поверхности титанового сплава ВТ20

Никитин Я.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ночовная Н.А.
ВИАМ
nikitinyj@viam.ru

В процессе эксплуатации на деталях проточной части компрессора газотурбинного двигателя, (ГТД) в том числе и на деталях из титановых сплавов, образуются углеродсодержащие загрязнения, которые могут заметно ухудшать параметры работы двигателя (увеличение расхода топлива, снижение коэффициента полезного действия).

Многие специалисты в России и за рубежом занимаются вопросами восстановления характеристик двигателя путем удаления загрязнений с деталей проточной части компрессора, как в процессе эксплуатации, так и при плановом ремонте двигателя. При этом недостаточное внимание уделено изучению изменений физико-химических свойств поверхности деталей (материалов) при проведении их очистки. В зависимости от способа удаления углеродсодержащих загрязнений могут наблюдаться различные виды повреждения поверхности очищаемого материала, такие как эрозия, травление и чрезмерный наклеп. Таким образом, восстановление параметров работы двигателя при его очистке, по сути, может привести к уменьшению ресурса его деталей и узлов, что является недопустимым.

Цель представленной работы – оценить эффективность очистки и изучить изменение свойств поверхности (шероховатость, микротвердость, активность, смачивание припоем) образцов жаропрочного титанового сплава ВТ20 при химическом удалении эксплуатационных углеродсодержащих загрязнений.

В качестве объекта исследования был выбран жаропрочный титановый **псевдо α-сплав** ВТ20, который широко применяется для изготовления лопаток, дисков, корпусов и других деталей компрессора ГТД. В качестве средств очистки от углеродсодержащих загрязнений были исследованы восемь зарубежных и отечественных химических технологий (составов).

В работе установлено, что наиболее эффективное удаление углеродсодержащих загрязнений с поверхности жаропрочного титанового сплава ВТ20 обеспечивают отечественные очищающий раствор №1 (по ПИ 1.2.118), двухстадийная технология очистки в щелочном и кислотном растворах («рыхление + травление») и зарубежный раствор HDL 202. Однако, при очистке углеродсодержащих загрязнений с применением раствора HDL 202 может происходить общее травление поверхности и изменение ее макроструктуры.

Значения шероховатости поверхности титанового сплава ВТ20 после удаления загрязнений изменяются незначительно. Рельеф и профили очищенных поверхностей имеют вид, схожий с поверхностью исходных образцов.

Увеличение микротвердости при очистке поверхности с использованием указанных выше технологий, вероятно, связано с газонасыщением тонких поверхностных слоев и может быть как следствием процессов образования загрязнений, которые содержат большое количество углерода, так и процессов химической очистки поверхности, при которых возможно образования водорода.

При очистке поверхности от углеродсодержащих загрязнений происходит снижение активности поверхности вне зависимости от вида применяемой технологии. Наименьшее снижение активности обеспечивает очищающий раствор №1.

Ухудшение характеристик смачивания припоем ВПр16 поверхности, очищенной от углеродсодержащих загрязнений с использованием очищающего раствора №1 (по ПИ

1.2.118), двухстадийной технологии «рыхление + травление» и раствора HDL 202 отсутствует.

К вопросу о термостабилизации шпиндельных узлов металлорежущих станков контурными тепловыми трубами

Осаченко М.Д., Сыромятников Д. А.
Научный руководитель – проф., к.т.н. Дубров Ю.С.
ДГТУ, каф. ИОАТК

В результате обработки резанием за счет трения подвижных частей нагреваются детали станка. Это приводит к линейному и объемному увеличениям их размеров, и как следствие нарушению точности обрабатываемой детали за счет даже минимальных тепловыделений, являющихся причиной температурных деформаций шпиндельного узла. Предложенные методы термостабилизации шпиндельных узлов станков при помощи обычных тепловых труб достаточно сложны и не всегда являются оптимальными [1…3]. Обычная тепловая труба представляет собой цилиндрический замкнутый объем, частично заполненный теплоносителем, внутри которой вставлена трубка, имеющая капиллярную структуру. Испарившийся в нагретой области теплоноситель, распространяется по внутреннему пустотному каналу, а конденсирующийся на охлаждаемой части жидкость подается по капиллярной структуре в нагретую область.

Авторами предлагается использование для термостабилизации шпиндельных опор станков вместо обычных тепловых труб - контурные тепловые трубы. Они имеют замкнутый контур циркуляции, в котором паропровод и возврат жидкой фазы конденсированного теплоносителя разделены. В этом случае теплоноситель циркулирует по замкнутому контуру, а от испарителя пар теплоносителя поступает в конденсатор, где конденсируется и в жидком состоянии по капилляру поступает назад в испаритель. Теплота переносится из зоны теплообразования с помощью контурных тепловых труб в зону конденсации, где через камеру с плавящимися веществами, имеющими разную температуру их плавления (парафин – от 36 до 55 °С, стеарин – от 55 до 72 °С) вновь поступает в зону нагрева [4]. Применение контурных тепловых труб позволяет выносить тепло за пределы шпиндельного узла или даже станка, повысить термоустойчивость пиноли и обеспечить регламентированную точность.

Данный способ термостабилизации шпиндельных узлов является оптимальным, так как позволяет конденсатор расположить в конструктивно удобном месте. Это устройство позволяет с высокой эффективностью обеспечить перенос большого количества теплоты при малых перепадах температур и при минимуме тепловых потерь, выравнивать и регулировать температуру объекта.

Список литературы

1. Юрин В.Н. Шпиндельные узлы с тепловыми трубами // Станки и инструмент. 1981. -№ 4. -С. 16- 18.

2. Фролов А.В. Повышение точности шпиндельных узлов прецизионных станков методом термоупругого моделирования при заданной их теплоустойчивости [Текст]: Автореферат дисс….канд. техн.наук: 05.03.31 /Александр Владмирович Фролов.- Москва.- 2007.-16с.

3. Осаченко М.Д., Сыромятников Д.А. Повышение точности шпиндельных узлов путем их термостатирования // Гагаринские чтения-2016: XLII Международная молодежная научная конференция: Сборник тезисов докладов: В 4 т. М.: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),2016.Т.3:М.: Моск. авиационный институт (национальный исследовательский университет). 750 стр.

4. Куколев М.И.. Модели тепловых процессов в накопителях энергии для обоснования проектных решений[Текст]: Автореферат дисс….докт.техн.наук: 05.14.04 /Максим Игоревич Куколев.-Санкт-Петербург.- 2006.-33с.

Применение пористых титановых материалов в медицине и методы их получения

Патрушев А.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Серов М.М.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
lokotrains@yandex.ru

В настоящее время российская медицина, в том числе и зарубежная очень требовательна к используемым в протезировании металлическим материалам биологической совместимостью с живыми тканями организма человека. В медицине все большее применение находят пористые титановые волокна и сплавы на основе титана, которые благодаря низкому модулю упругости, низкому значению удельного веса, достаточно высоким показателям прочности и высокой коррозионной стойкости, близкого к свойствам кости, обеспечивают механическую совместимость, пористость и проницаемость.

Пористые титановые изделия служат исходным материалом для изготовления имплантатов с целью замены поврежденных твердых и мягких тканей. Примерами могут служить искусственные суставы: коленный и тазобедренный, отделения искусственного сердца, элементы крепления и также костные пластины.

Пористые титановые материалы относят к сложным системам, которые получают в результате многостадийного технологического процесса, который, как правило, включает в себя получение титанового волокна, его формование и спекание. Основной компонент материалов – титановые волокна – получают физико-химическими способами, механически, а также из расплавов.

Изделия, полученные из пористых титановых материалов, используются в качестве криохирургических зондов. Помимо этого пористые материалы применяются для заполнения полостей в структурах кости, имеющие повреждения. Изделиям можно придать необходимую форму во время проведения операции и пропитать костным цементом. Упругие свойства титанового материала более соответствуют аналогичным свойствам кости, чем обычные компактные материалы, поэтому элементы протезов из пористого титанового материала оказывают меньшее экранирующее влияние на картину напряжений в живой кости. Применяются протезные устройства, содержащие пористую металло-волокнистую структуру для замены, прикрепления и реконструкции костной структуры в скелетных системах. После проведения операции спекание волоконной металлической структуры, образуется открытая пористость, которая позволяет кости и ткани, в которую протезный элемент может быть вживлен, врастать вовнутрь этой структуры. Врастание костных тканей в поры имплантата – непрерывный процесс, который в дальнейшем и позволяет образовывать трехмерную решетку, заполняющую полностью или частично объем порового пространства [5].

Живой организм человека хорошо переносит имплантаты из титанового сплава. Изделия устойчивы к коррозии в агрессивных средах человеческого тела. На поверхности имплантатов образуется оксидная плёнка, которая препятствует выходу ионов имплантата в организм. Ткани вокруг таких имплантатов не подвергаются изменениям. Титановые сплавы обладают высоким запасом прочности, не деформируются под воздействием большой нагрузки. Имплантаты из титановых пористых материалов намного прочнее, чем хром, нержавеющие стали, никель. И самое важное – титановые сплавы гиппоалергенны.

[5]) Ясенчук Юрий Федорович Структура и свойства пористых сплавов на основе никилида титана: Диссертация РГБ, 2002

Оценка стабильности механических свойств полуфабрикатов из титанового сплава Ti-6Al-4V

Перевозова Е.А., Шмырова А.В., Чибисова Е.В.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Егорова Ю.Б.
Ступинский филиал МАИ, каф. МСИИТ, ТАОМ
sf_mai@rambler.ru

Цель работы состояла в статистической оценке стабильности механических свойств различных полуфабрикатов из сплава Ti-6Al-4V в зависимости от колебаний марочного состава и разработке рекомендаций для повышения их качества путем корректировки химического состава. Объектами исследования послужили прутки и поковки промышленного производства из разных модификаций сплава Ti-6Al-4V, изготовленные в 2000-2014 гг.: ВТ6, ВТ6ч, ВТ6С, Grade 5, Grade 23. Слитки были выплавлены методом двойного и тройного вакуумного дугового переплава, а также гарнисажным + двойным вакуумным дуговым переплавом. Часть слитков была дополнительно легирована кислородом. Все деформированные полуфабрикаты были подвергнуты термической обработке по заводским режимам. Статистическую обработку проводили с помощью ППП «Stadia». Кроме стандартных числовых характеристик (выборочное среднее, размах, стандартное отклонение, доверительный интервал среднего, коэффициент вариации), определяли также коэффициенты парной и множественной корреляции и долю вариации свойств, обусловленную влиянием разных факторов.

Диапазон и средние значения легирующих элементов, примесей и механических свойств прутков и поковок всех исследованных типоразмеров в целом соответствуют нормативной документации. Однако для сплавов ВТ6 и Grade 5 средние значения, фактические и статистические («трехсигмовые») диапазоны легирования для алюминия и кислорода сдвинуты к верхнему пределу поля допуска. Это привело к тому, что для ряда слитков структурный эквивалент по алюминию достигает значений, превышающих критического уровня 9%, свыше которого возможно образование алюминида титана и снижение пластических свойств при одновременном повышении прочности. По данным статистического анализа прочностные и пластические свойства однотипных полуфабрикатов могут изменяться в довольно широких пределах. Абсолютная разница между максимальным и минимальным значениями предела прочности может достигать 100-160 МПа, трехсигмовый интервал – 180-360 МПа, коэффициент вариации – 2-7 %. Более высокий разброс значений имеют ударная вязкость, вязкость разрушения и пластические свойства. Для этих характеристик величина коэффициента вариации на порядок выше, чем для временного сопротивления разрыву, и составляет 8 - 30%.

По результатам корреляционного анализа было установлено, что значимая доля вариации γ предела прочности, обусловленная колебаниями химического состава, выраженного через эквиваленты по алюминию и молибдену, может изменяться от 15 до 45%. При этом было установлено, что коэффициент корреляции и, соответственно, доля вариации свойств существенно зависят от однородности химического состава в объеме частной партии. Для пластических характеристик, диаметра отпечатка и ударной вязкости KCT коэффициенты корреляции не превышают 0,5, поэтому доля вариации составляет ~10-25%, в то время как для ударной вязкости KCU может изменяться от 12 до 60%. Поэтому если ориентироваться на прочностные свойства и KCU, то для стабилизации их разброса в пределах партии однотипных полуфабрикатов, необходимо, чтобы величина суммарных колебаний химического состава, эквивалентного алюминию и молибдену, была на уровне $6S \leq 2{,}0 \div 2{,}5\%$ ($S \leq 0{,}3 \div 0{,}4\%$).

Для повышения стабильности комплекса механических свойств целесообразно сузить и сдвинуть к центру поля допуска статистический диапазон легирования для алюминия и кислорода, а также установить допустимое суммарное содержание алюминия и примесей, исключающее образование алюминида титана.

Модифицирование заэвтектического силумина (Al-(18-20)% Si) электронно-ионно-плазменными методами

Петрикова Е.А.[1], Рыгина М.Е.[2], Тересов А.Д.[1]
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Иванов Ю.Ф.[1,2]
[1]ИСЭ СО РАН
[2]НИ ТПУ, ИФВТ, НМНТ
L-7755me@mail.ru

Заэвтектический силумин – сплав алюминия с кремнием с содержанием последнего более 13%. Структура заэвтектического силумина представлена первичными кристаллами кремния, включениями интерметаллидов и эвтектики. Данные сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью, хорошими литейными свойствами, малой усадкой (до 1,1%), не склонны к образованию горячих и холодных трещин. Наличие первичных зерен кремния снижает пластичность заэвтектического силумина, приводит к его охрупчиванию, что снижает эксплуатационные характеристики материала.

В качестве материала исследования использовали заэвтектический силумин состава Al-(18-20) вес. % Si. Модифицирование структуры и фазового состава поверхностного слоя образцов осуществляли комбинированным методом, сочетающим нанесение металлической пленки состава Zr-6 вес. % Ti-6 вес. % Cu методом вакуумно-дугового распыления соответствующей мишени (установка «ТРИО») и облучение системы «пленка (ZrTiCu) / (Al-Si) подложка» интенсивным импульсным электронным пучком субмиллисекундной длительности воздействия (установка «СОЛО»).

Структура исходного силумина выражена эвтектикой и первичными зернами кремния, размер которых достигает 130-150 микрометров.

После проведения модификации распределение кремния в силумине стало более однороным. Механические и трибологические характеристики модифицированного силумина приведены в табл. 1.

Таблица 1. Механические характеристики материала

Вариант модификации	Твердость, МПа	Коэффициент износа, 10^{-4}, мм^3/Н*м	Относительная износостойкость
Исходный	890	3,06	-
Электронный пучок	4310	4,96	<1,6 раза
Напыление пленки	2354	3,4	<1,1 раза
Комбинированный	4837	2,3	>1,3 раза

Анализируя результаты, представленные в таблице 1, можно отметить, что, варьируя метод модифицирования, можно получить заэвтектический силумин с различными механическими и трибологическими характеристиками: с высокой твердостью, в ≈5 раз превышающей твердость исходного материала, и высокой износостойкостью, превышающей износостойкость исходного материала в ≈1,3 раза. Одной из причин повышения свойств поверхностного слоя модифицированного силумина, как показали выполненные структурные исследования, является существенное измельчение зерен первичного кремния от (50-30) мкм в исходном состоянии до десятых долей-единиц мкм после комбинированной обработки.

Таким образом данный метод модификации может быть рекомендован для повышения механических, трибологических характеристик, так же из-за высоких скоростей нагрева и охлаждения происходит измельчение зерен до микрометров.

Авторы выражают благодарность А.П. Ласковневу (ФТИ НАНБ, Минск), А.А. Шегидевичу (ФТИ НАНБ, Минск), В.В. Углову (БГУ, Минск), предоставившим образцы заэвтектического силумина и катод состава Zr – 6 вес. % Ti – 6 вес. % Cu.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 16-58-00075_Бел-а).

Исследование количественных характеристик текстуры и анизотропии свойств ГПУ сплавов методом обратных полюсных фигур

Петров А.А., Сперанский К.А., Чернышева А.А.
МАИ, каф. МиТОМ
speranski.konstantin@mail.ru

Разработка новых технологичных материалов для космической, авиационной отраслей промышленности, а также атомной энергетики связана с созданием технологий, которые смогут обеспечить получение требуемого комплекса свойств изделий и конструкций. В сплавах на основе металлов с гексагональной плотноупакованной кристаллической структурой, таких как титан, цирконий, одним из основных параметров определяющих физико-механические свойства является текстура. В настоящее время существует несколько методик, позволяющих проводить анализ количественных характеристик текстуры и анизотропии свойств полуфабрикатов и изделий. Однако они не отвечают современным требованиям, предъявляемым к методикам анализа свойств, поскольку не могут обеспечить либо необходимый уровень точности при построении зависимостей распределения ориентировок, либо слишком трудоемки при проведения анализа и требуют много времени, что не позволяет их применять в производственных процессах. Это делает актуальной задачу разработки новой методики расчёта анализа текстурированности металлических материалов с гексагональной плотноупакованной кристаллической решеткой.

Цель данной работы – разработка метода, который позволит определять физико-механические свойства различных материалов из ГПУ сплавов, с требуемой точностью. Наиболее информативными, в плане выборки данных о текстуре материала, являются обратные полюсные фигуры (ОПФ), с помощью которых можно вычислять анизотропию свойств материала, при этом не разрушая сам материал. Одна из главных проблем ОПФ – малое количество экспериментальных рефлексов. Для того чтобы повысить количество рефлексов, была составлена программа расчетов для ОПФ, с помощью которой можно проводить моделирование различных видов текстур, получить которые с помощью эксперимента, с достаточной точностью, не представляется возможным, т.к. в некоторых материалах невозможно получить требуемое количество экспериментальных рефлексов, для правильного подсчета свойств. Для чего было проведено усреднение площадей секторов внутри стереографического треугольника, использующихся на данный момент для расчетов свойств с помощью ОПФ. Чем на меньшие части было произведено деление данных секторов, тем больше можно было сказать о том, на сколько каждый рефлекс дает вклад в конкретно выбранный участок на ОПФ, а следовательно оказывает влияние на свойства материала в целом.

Проведено сравнение экспериментальных данных, полученных на образцах сплава на основе Ti и Zr, и теоретических данных, полученных путем использования программы. Показано что, использование аналитического моделирования текстуры позволяет с хорошей точностью (ошибка <1%) провести расчет свойств материала. Полученный результат дает возможность: уменьшить фактор ошибки при расчете свойств, ускорить процесс расчетов, повысить информативность ОПФ.

Проектирование технологии изготовления формообразующего инструмента из порошковых материалов методом лазерного спекания

Подъяпольская Е.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Куртаева Ф.Н.
КНИТУ-КАИ, каф. МСиПБ
Karolina.cati@yandex.ru

Сложным и трудоемким этапом в технологии литья по выплавляемым моделям является проектирование и изготовление формообразующего инструмента – пресс-форм для моделей и стержне. Как правило, пресс-формы изготавливаются из металлических и

неметаллических материалов при помощи механической отработки, что вызывает длительность процесса и необходимость высокой квалификации у рабочих.

Одним из перспективных направлений ускорившее изготовление пресс-формы является метод прототипирования с лазерным спеканием металлического порошка. С помощью него пресс-форму можно изготовить за один-два дня.

Прототипирование – это послойное построение физической модели (прототипа) в соответствии с геометрией CAD-модели. Основное отличие этой технологии от традиционных методов изготовления моделей заключается в том, что модель создается не отделением материала от заготовки, а послойным наращиванием материала, составляющего модель, включая входящие в нее внутренние и даже подвижные части. А высокая степень автоматизации обеспечивает получение качественных и сравнительно недорогих моделей, затрачивая на их изготовление часы, а не дни и недели, как это было при использовании традиционных методов.

В открытом доступе сведений о свойствах материалов изготовленных данным способом не достаточно для рекомендации по внедрению в производство. Для решения этой задачи в работе выполнено исследование материала готовой пресс – формы, изготовленной путем лазерного спекания.

В рамках исследования были выполнены работы: спектральный анализ сплава, определение механических свойств при $T=20^0C$, замер шероховатости, микроструктурные исследования.

При проведении анализа установлено, что материал пресс-формы соответствует стали 07Х16Н4Д4Б-Ш.

Испытание на растяжение при $T=20^0C$ проводились по ГОСТ 1497-84, испытание на ударную вязкость по ГОСТ 9454-78. При сравнении со свойствами материала, изготовленного традиционным способом, материал изготовленный лазерным спеканием имеет преимущества по прочностным характеристикам.

Пластические и прочностные характеристики образцов изготовленных в поперечном и продольном сечении пресс-формы находятся на одном уровне, что подтверждает отсутствие анизотропии.

Снижение пластичности по сравнению с материалом изготовленного традиционным способом, возможно связанно с тем, что во время процесса происходит послойная закалка и поэтому материал становится менее пластичным.

Плотность детали соответствует компактному материалу и составляет $7,8г/см^2$.

Структурное исследование показало, что в детали при лазерном спекании пористость отсутствует.

Таким образом, применение лазерного спекания позволяет повысить механические свойства материала; реализовать возможность получения заданной шероховатостью поверхности детали; сократить технологический цикл изготовления формообразующего инструмента и других деталей; получить материал детали с анизотропией свойств, плотную структуру.

Компьютерный анализ и совершенствование технологии штамповки диска турбины из никелевого сплава

Пожаров Д.С.
Научный руководитель – зав. каф., д.т.н. Овчинников А.В.
Ступинский филиал МАИ, каф. ТАОМ
pkdmpg@mail.ru

Надёжность наиболее тяжело нагруженных деталей турбореактивного двигателя – дисков турбины определяется совершенством технологии их производства. Одним из недостатков большинства технологических процессов штамповки дисков является неравномерное распределение накопленной деформации, как по объёму поковки, так и по объёму чистовой детали. Это обусловлено принципиальным отличием простой формы заготовки от сложной формы поковки. Различие степени деформированности областей поковки приводит к неравномерности формирующейся микроструктуры и механических

свойств, снижает ресурс работы диска. Особенно велик риск этого при штамповке поковок дисков из литых заготовок.

В работе исследована возможность повышения равномерности распределения накопленной деформации по объёму поковки без увеличения числа технологических переходов штамповки. В качестве объекта выбрана технология штамповки на гидравлическом прессе диска турбины из никелевого сплава Inconel 718. В качестве инструмента исследования использовали отечественную CAE-систему моделирования процессов пластической деформации QForm.

При моделировании действующей технологии штамповки неравномерность накопленной деформации (НД) в переделах контура чистовой детали достигает значительного уровня: в середине диска – область с разбросом 0,6 - 2,0 логарифмической деформации и две области с умеренной деформированностью в верхней (1,2) и нижней (1,55) части периферии диска. В области образца под механические испытания НД составляет 1,95, что соответствует центру штампованной поковки. Компьютерный анализ переходов действующей технологии с применением координатной лагранжевой сетки показывает, что середина диска хорошо продеформирована, а в верхняя и нижняя часть диска слабодеформированные. Формирование областей с низкой НД начинается уже на первой осадке вследствие действия сил контактного трения, препятствующего течению металла от центра к периферии.

Для уменьшения неравномерности НД на этапе второй осадки вместо плоских бойков предложено использование фасонной площадки в нижнем бойке, кроме того в верхнем бойке выпуклость с плоским участком, заменена на сферическую поверхность. Для устойчивого размещения исходной заготовки выступы выполнены в верхнем бойке, а впадины в нижнем бойке. Конфигурацию выступов и впадин определяли исходя из локального деформирования необходимых зон заготовки. После второй осадки и перед окончательной штамповкой заготовка дополнительно кантуется для выравнивания НД. В результате НД в середине диска укладывается в интервал 0,8 - 2,1; в верхней части обода диска – 1,4, нижней – 1,8; в образце – 2,2.

В процессе исследований было установлено, что отказ от плоских горизонтальных участков на выступах фасонной площадки для осадки в пользу полностью скруглённых так же исключает сильную локализацию деформации.

Таким образом, применение фасонной площадки для осадки и дополнительных кантовок заготовки обеспечивает существенное выравнивание НД по объёму обточенной поковки и улучшает прогноз равномерности распределения механических свойств.

Влияние температурно-временных факторов изотермической обработки на процесс перераспределения углерода при бейнитном превращении в среднеуглеродистых сталях, легированных карбидо- и некарбидообразующими элементами

Ромашова В.В., Русакова Е.О.
Научный руководитель – доц., к.т.н. Гончаров С.С.
ТулГУ , каф. ФММ
tankistkatula@yandex.ru

Изотермическая обработка на бейнит является одним из распространенных и эффективных методов упрочняющей обработки среднеуглеродистых сталей. Знание процессов структуро и фазообразования при протекании бейнитного превращения дает возможность на научной основе подходить к вопросам разработки режимов изотермической обработки, обеспечивающей необходимый комплекс свойств в таких сталях. Известно, что бейнитному превращению присущи и диффузионные превращения, связанные с перераспределением углерода и бездиффузионные. Диффузионные превращения связаны с процессами перераспределения углерода в аустените. Характер процессов перераспределения углерода в аустените при бейнитном превращении в основном зависит от состава стали (содержание углерода и легирующих элементов). В зависимости от степени влияния указанных факторов при реализации частичного

бейнитного превращения сохраняется остаточный аустенит с повышенным или пониженным количеством по сравнению со средним содержанием углерода в стали.

Цель настоящей работы – на основе исследования влияния температуры и времени изотермической выдержки оценить роль диффузионных процессов при протекании бейнитного превращения, характер перераспределения углерода, влияние на эти процессы карбидо- и некарбидообразующих легирующих элементов.

В качестве объектов исследования использовали образцы сталей 60С2А, 50ХГФА, 35ХГСА которые подвергали изотермической обработке при различных температурах в интервале 300 – 450 ºС и временах выдержки.

С применением рентгеноструктурного анализа установлено, наличие остаточного аустенита после изотермических обработок в стали 60С2А 35ХГСА, а в стали 50ХГФА – его отсутствие. Появление остаточного аустенита в сталях 60С2А и 35ХГСА в результате частичного бейнитного превращения, связанно с обогащением в ходе превращения аустенита углеродом. Количество остаточного аустенита изменяется, в зависимости от температурно временных параметров изотермической обработки.

Оценено изменение содержания углерода в остаточном аустените, периода его кристаллической решетки, это позволяет сделать вывод, что в процессе бейнитного превращения имеет место перераспределение углерода.

Установлено влияние карбидообразующих (Cr, V, Mn) и некарбидообразующих (Si) легирующих элементов на кинетику протекания бейнитного превращения в исследуемых сталях. Карбидонеобразующий элемент Si препятствует образования карбидов при протекании бейнитного превращения, а Cr, Mn и V – способствуют карбидообразованию.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садовский В.Д., Фокина Е.А. Остаточный аустенит в закаленной стали. – М.: Наука, 1986. – 157 с.

2. Блантер М.Е., Серебренникова Б.Г. О природе термической стабилизации аустенита // МиТОМ. – 1972. – №7. – С. 5–10.

Влияние структурных дефектов на величину микродеформации в боридных покрытиях

Русин И.С.

Научный руководитель – проф., к.ф.-м.н. Нечаев Л.М.

ТулГУ , каф. ТМ

nech47@yandex.ru

Процесс создания боридного покрытия сопровождается возникновением в диффузионном слое напряженного состояния, вследствие изменения удельного молярного объема в процессе фазо- и порообразования (концентрационные градиентные напряжения), а также с подвижностью атомов бора, углерода и других элементов в матрице.

Рост боридных слоев, имеющих различный фазовый состав, сопровождается объемными изменениями, что приводит к возникновению напряженного состояния в сечениях покрытия. Возникновение напряжений отмечается и вокруг структурных макродефектов, в частности пор. Уровень напряжений зависит от объемных изменений в образующихся структурах и от релаксации возникающих вместе с изменением объема напряжений. На концентрационные микронапряжения вокруг макродефектов накладываются поля макронапряжений от взаимодействия боридного покрытия и диффузионной зоны.

Макронапряженное поле определяется различиями коэффициентов термического сжатия и кинетикой их изменения на поверхности покрытия и на стыке его с основой.

В работе были исследованы эпюры распределения концентрационных упругих микродеформаций вокруг пор боридных покрытий. Исследование проводили методом поляризации. Определено, что поля внутренних микронапряжений характеризуются неоднородностью в распределении деформации, причем деформационные зоны могут

располагаться как симметрично, так и несимметрично по отношению к концентрационному структурному макродефекту. В объемах боридной основы с пониженной плотностью пор обнаружены зоны с малыми микродеформациями.

Проведенная статистическая обработка полученных топограмм позволила получить регрессионные математические уравнения для определения максимальных концентрационных микронапряжений на границе поры с боридными фазами. Полученные математические модели свидетельствуют о влиянии упругих модулей боридной основы и микродефекта, а также формы включения на макронапряжения в зонах покрытия.

В результате исследований определены параметры, входящие в структуру эмпирической формулы:

1. параметр, учитывающий влияние на концентрационное поле в процессорной зоне дефекта его размера, т.е. диаметра поры, а также величину активационного объема для зарождения трещин;

2. параметр, учитывающий количественное перераспределение концентрационных напряжений под воздействием технологических остаточных макронапряжений;

3. параметр, учитывающий влияние дефектов, находящихся на некотором среднем расстоянии, друг на друга.

Проведенные расчетные оценки активационных объемов, а также топографической зоны зарождения трещин у пор с различными размерными параметрами показали, что для случая боридных покрытий величину активационного объема для зарождения трещин можно принимать на уровне $(1...2)10^{-4}$мм.

Повышение эффективности оценки параметров материалов путем динамического анализа структуры объекта на основе решетки связей

Рыбаков К.А.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Паламарь И.Н.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. ВС
rybakov.k.a@mail.ru

Проведение исследования структуры материалов может производиться самыми различными способами, однако количественная оценка параметров материалов, как правило, основана на визуальных методах анализа и контроля, в основе которых лежат системы распознавания отдельных структур изображений. Структура изображения непосредственно связана с объектом, представленным на нем, но при этом является более низкоуровневым представлением данных, позволяющим абстрагироваться от общего описания объекта и остановиться на его визуальном описании на изображении.

Алгоритмы по распознаванию широкого круга объектов в той или иной степени используют набор паттернов, определяющих представление структуры на основе вероятностной характеристики. При анализе структур материалов во время их проектирования не ставится задача точного распознавания отдельных элементов. Гораздо более важной задачей является получение общего описания структурных компонентов на изображении в комплексе с учетом их взаимосвязей. Классические подходы по сегментированию изображений не позволяют производить анализ структурно-объектного представления данных.

Использование в качестве основы сегментации модели многоуровневого структурно-объектного представления данных с многомасштабным сегментным описанием изображения позволяет построить адаптивную модель описания данных. Одной из особенностей описания структуры изображения с использованием данной модели является организация многомерной решетки связей, содержащей горизонтально-вертикальные связи между отдельными сущностями. Данная решетка является способом формализации связей модели и обеспечивает формирование порядка отношений между отдельными элементами в зависимости от описания на различных уровнях представления.

Основу структуры решетки составляют горизонтальные связи между однородными областями изображения, выделенными на сегментном уровне. Они обеспечивают формальное описание объектов одного типа. Вертикальные связи необходимы для

переходов между различными масштабными описаниями в рамках одной структуры. Вместе они образуют модель неявного слияния отдельных сегментов изображения, позволяющую управлять структурно-объектным описанием в зависимости от заданных требований. Объединение элементов в группы происходит без фактического слияния сегментов, что позволяет учитывать особенности структуры изображения уже на этапе сегментации, а не постобработки данных.

Проведение кластеризации объектов с последующим их рассмотрением в комплексе позволяет формировать агломеративные группы элементов, которые визуально не объединены, но при этом рассмотрение их как связанных подобъектов обеспечивает более полное представление об их характеристиках, таких как статистические параметры и относительные пространственные характеристики. Рассмотрение структур, в основе которых лежат агломеративные группы, позволяет формировать отдельные структурные группы, образуемые однородными по определенному критерию элементами, которые топологически не связаны, и при этом учитывать взаимосвязи каждого отдельного компонента с остальными структурами на изображении. Эта задача особенно актуальна при рассмотрении структуры материалов на микроуровне.

Данный подход позволяет производить динамический анализ структурно-объектного представления изображений в зависимости от требований к обработке в настоящий момент, что позволяет значительно сократить время анализа структур материалов за счет уменьшения количества проходов сегментации и автоматизировать выделение сложных структур.

Использование подходов теории принятия оптимальных решений при выборе материала для деталей машин

Рыжова Л.В.
Научный руководитель – доцент к.т.н. Тихонова И.В.
ТулГУ, каф. ФММ
lyba20099@mail.ru

Единых принципов и чётких правил действий разработчиков машин при выборе марки материала пока не существует, поэтому каждый конструктор решает эту задачу со многими переменными в зависимости от своего опыта и знаний, которых не всегда достаточно. Решение при этом имеет априорно – интуитивный характер, основанный на опыте, интуиции и предпочтении специалистов, что не всегда позволяет находить оптимальные решения.

Проанализированы количественные критерии, используемые для сравнения различных материалов, предназначенных для изготовления деталей машин: матрица решений, выбор материала с учетом прокаливаемости, с учетом надежности, с учетом физических и механических свойств, с учетом стоимости, функция желательности. Все существующие критерии предназначены для выбора наилучшего варианта из числа подходящих претендентов.

Широкое распространение в настоящее время для выбора материалов приобретает автоматизированная система СТАЛЬ. Последняя представляет собой базу данных по прочностным, упругим, усталостным характеристикам более чем 800 марок сталей.

Существующие количественные критерии оценки эффективности материала призваны оказывать помощь при сравнении свойств различных претендентов. Однако существуют и объективные сложности использования комплексных критериев, заключающиеся прежде всего в отсутствии необходимой информации (например, по K_{1c}, по стоимости материала, по коэффициентам вариации свойств и т.д.).

Задачу выбора можно рассматривать как типичную оптимизационную задачу, подходы к решению которой сформулированы теорией принятия оптимальных решений. Такой взгляд на проблему также открывает возможности создания материалов с требуемым комплексом свойств.

Целью работы является разработка алгоритма и выбор марки стали для болта крепления нижней головки шатуна легкового автомобиля с помощью ППП Excel и EUREKA.

Предложен подход к оптимизации состава материала с требуемым комплексом свойств, заключающийся в построении моделей, описывающих влияние состава материала на заданные свойства и решении оптимизационной задачи одноцелевого или многоцелевого программирования с помощью доступных студенту пакетов прикладных программ.

В качестве примера построены статистические модели, описывающие влияние углерода и легирующих элементов, на предел прочности, относительное сужение, ударную вязкость и критический диаметр прокаливаемости материалов, используемых для изготовления болта крепления нижней головки шатуна легкового автомобиля.

В ППП Excel продемонстрирована возможность выбора состава материала для болта путем решения одноцелевой задачи оптимизации, заключающейся в максимизации одного из требуемых свойств при одновременном выполнении ограничений на другие свойства.

В ППП EUREKA продемонстрированы возможности выбора материала для болта путем решения многоцелевой задачи оптимизации с помощью компромиссной целевой функции, обеспечивающей одновременную максимизацию всех требуемых свойств.

Исследование оптических характеристик световозвращающих покрытий

Сайфутдинова А.А.
Научный руководитель – заведующий кафедрой, д.т.н., профессор, Галимов Э.Р.
КНИТУ-КАИ , каф. МСиПБ
alinsa963@gmail.com

Одной из основных задач при разработке способов получения световозвращающих покрытий считается обеспечение высокой интенсивности световозвращающей составляющей и яркости поверхности освещения излучателем при больших углах падения луча.

Известны световозвращающие покрытия, структура которых составлена из микрорельефных элементов, представляющие собой множества уголков или призм.

Такие элементы в литературных источниках принято называть «триппель-призмы». Несмотря на высокую интенсивность отраженного от такой поверхности луча света и яркости поверхности, такие покрытия имеют свои недостатки. Ранее проведенные на кафедре исследования их оптических характеристик и на основании результатов измерений в известной работе угол расхождения излучения таких поверхностей находится только в пределах $\pm 18^{o}$.

В связи с этим была выполнена работа по изучению оптических характеристик световозвращающих покрытий, выполненных различными способами с использованием микросферических стеклянных шариков для больших углов падения света. Для отработки технологии и изготовления образцов со световозвращающим эффектом, путем калибровки были выбраны микросферические стеклянные шарики в диапазоне от 45 мкм до 120 мкм. После измерения и сравнения интенсивности отражения серий образцов были выбраны микросферы с размерами от 50 мкм до 70 мкм. Образцы, изготовленные с использованием таких микросфер, показали наиболее высокие оптические характеристики.

В данной работе представлены результаты измерений интенсивности отражения образцов, изготовленных с использованием микросферических стеклянных шариков с показателем преломления $n = 1{,}51$ и размерами $d = 70$ мкм.

Измерения проводились на специальном стенде, изготовленном на кафедре.

Получены индикатрисы отражения образцов, содержащих микросферические стеклянные шарики, выпускаемые отечественной промышленностью. Установлено, что при формировании световозвращающих покрытий с микросферами диаметром в диапазоне 50 - 70 мкм, угол расхождения расширяется до $\pm 65^{o}$, при этом на этих зонах

интенсивность отражения не уменьшается ниже 70% от максимальных значений, близких к нормали.

Механические свойства титанового сплава ВТ6 с субмикрокристаллической и бимодальной структурами

Самигуллина Р.Р.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Сафин Э.В.
УГАТУ, каф. СМ
ugatu_stand@mail.ru

В работе исследовались механические свойства двухфазного титанового сплава ВТ6 (Ti-6Al-4V) в трех состояниях: 1) однородном субмикрокристаллическом (СМК) со средним размером зерен (фрагментов) порядка 0,5 мкм; 2) бимодальном с субмикро-микрозеренной структурой, состоящей из матрицы со средним размером зерен (или их фрагментов) 0,8-1,5 мкм с включением в нее зерен α-фазы размером порядка 5 мкм; 3) микрокристаллическом (МК) со средним размером зерен α-фазы 5 мкм. Заготовки с СМК структурой были получены методом всесторонней изотермической ковки с постепенным понижением температуры от этапа к этапу. Заготовки с бимодальной структурой были получены всесторонней ковкой при постоянной температуре с последующим отжигом. Заготовки с МК структурой были получены горячей прокаткой с последующим рекристаллизационным отжигом.

В таблице представлены механические свойства сплава ВТ6 в исследуемых состояниях.

Таблица 1.

Состояние	$\sigma_в$ МПа	$\sigma_{0,2}$ МПа	δ, %	ψ, %,	Микротвердость по Виккерсу HV	KCU, МДж/м^2	KCT, МДж/м^2
Состояние 1 – СМК	1302	1178	7,4	60,1	377,0	0,37	0,08
Состояние 2 - бимодальное	1112	1089	19,4	55,3	364,0	0,38	0,15
Состояние 3 – МК	1064	950	18,9	42,9	345,3	0,45	0,24

У сплава ВТ6 в состоянии 1 по сравнению с состоянием 3 наблюдается заметный рост характеристик прочности и твердости, прочность почти на 250 МПа выше, чем в состоянии 3. Относительное удлинение в состоянии 1 ниже, чем в состоянии 3, но, с другой стороны, относительное сужение материала в состоянии 1 почти в 2 раза больше, чем состоянии 3. Однако ударная вязкость в СМК состоянии существенно ниже, хотя по параметру KCU она остается в пределах требований технических условий к сплаву ВТ6 (KCU более 0,35). Увеличение остроты надреза (KCV) снижает величину ударной вязкости во всех состояниях.

В этой связи, практический интерес может представлять сплав с бимодальной структурой в состоянии 2, микротвердость которого по Виккерсу составляет 362 HV, это лишь немного ниже, чем в состоянии 1, но существенно выше, чем в состоянии 3. Последнее позволяет прогнозировать, например, повышенные характеристик сопротивления усталости по сравнению с более крупнозернистым состоянием 3. Кроме того, сплав с бимодальной структурой в состоянии 2 обладает заметно большей пластичностью, чем в состоянии 1.

Значения ударной вязкости сплава (KCU) с бимодальной структурой выше, чем в СМК состоянии, а у образцов с наведенной усталостной трещиной (KCT) значения существенно выше, чем в сплаве с однородной СМК структурой.

Технологически в сплаве ВТ6 сформировать бимодальную микроструктуру легче, чем СМК, поскольку всесторонняя ковка осуществляется при одной достаточно высокой температуре.

Исследование стали 20 после электролитно-плазменной нитроцементации в электролите на основе нитрат-ионов и глицерина

с.н.с. Севостьянова В.С.
КГУ, УНИД
avilkina-v25@yandex.ru

Электролитно-плазменные методы обработки металлов обладают рядом положительных свойств, таких как высокая скорость обработки, высокая точность реализации и широкий диапазон варьирования параметров технологии обработки [1]. Возможности этих методов повышать износостойкость, твердость и коррозионную стойкость поверхностного слоя в результате нитроцементации сталей позволяют использовать их для увеличения ресурса деталей машин [2].

Электролитно-плазменное насыщение углеродом и азотом малоуглеродистой стали 20 позволяет качественно изменить свойства поверхностного слоя, оставляя сердцевину детали неизменной, что и использовалось в настоящей работе для проведения модельных исследований влияния параметров обработки на насыщение поверхностного слоя и его свойства. Анодному электролитно-плазменному насыщению подвергались цилиндры из стали 20 в электролите, содержащем 50 г/л нитрата аммония, 50 г/л азотной кислоты и 100 г/л глицерина, в режимах аналогично [2]. Свойства нитроцементованного поверхностного слоя исследовались после разных температур обработки образцов: 600, 700, 800 и 900 ºС.

Исследование элементного состава поверхностного слоя стали после обработки показали сильную зависимость количества азота и углерода в диффузионном слое от температуры насыщения. При низких температурах обработки (600 и 700 ºС) диффузионный слой у поверхности содержит 0,15 % (массовых) *N*, содержание азота вглубь от поверхности монотонно убывает и на глубине 50 мкм составляет ~0,08 %. Обработка при температуре 800 ºС приводит к взаимному усилению диффузии азота и углерода: на поверхности содержание азота достигает 0,55 %, оно падает вдвое на глубине 15 мкм, а на 50 мкм составляет всего лишь 0,08 %. Дальнейшее повышение температуры насыщения приводит к значительному снижению доли азота в поверхностном слое.

Твердость поверхностного слоя монотонно возрастает с увеличением температуры обработки от 600 до 900 °С и определяется в первую очередь содержанием углерода. На глубине 30 мкм она возрастает от 250 до 550 HV_{50} для указанных условий. Трибологические свойства поверхности зависят от содержания в ней азота, поэтому максимальное снижение массового износа в 2 раза соответствует максимальному содержанию азота в поверхностном слое. При этом коэффициент трения для всех исследованных температур обработки находится на уровне необработанного образца.

Показано, что коррозионные характеристики поверхностного слоя зависят от температуры обработки и коррелируют с содержанием азота и углерода в поверхностном слое. С повышением температуры обработки увеличение содержание углерода приводит к увеличению тока коррозии, но эта кривая имеет минимум на температуре 800 °С, где ток коррозии падает в 3-4 раза по сравнению с образцом до обработки.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (контракт № 15–13–10018) Костромскому государственному университету.

Литература:

1. Савушкина С.В., Полянский М.Н., Борисов А.М., Виноградов А.В., Людин В.Б., Данькова Т.Е., Агуреев Л.Е. Исследование теплостойкости покрытий из диоксида циркония, получаемых методом микродугового оксидирования / Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2016. № 4. С. 45-50.

2. Дьяков И.Г., Севостьянова В.С. Исследование поверхностных свойств стали 20 после анодной электролитно-плазменной нитроцементации / Быстрозакаленные материалы и покрытия. Материалы XIV-й Международной научно-технической конференции. 29-30 ноября 2016 г. МАИ… М.: ПРОБЕЛ-2000, 2016, стр. 288-290.

Оценка влияния параметров электронно-лучевой сварки на качество сварного шва конструкций из жаропрочных никелевых сплавов

Сизов С.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Шаповалова М.А.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф МЛС
mls@rsatu.ru

Создание новых образцов авиационной техники с качественным повышением технических характеристик, в том числе газотурбинных двигателей, стало возможным за счет применения в конструкциях новых материалов, прогрессивных технологических процессов и современного оборудования при их производстве.

Анализ существующих конструкционных решений и технологий изготовления ГТД показал, что одним из основных путей повышения качества изделий, коэффициента использования металла, снижения трудоемкости при производстве является широкое применение сварных конструкций.

С ростом мощности газотурбинных установок возникла необходимость замены механического крепления деталей ГТД, что значительно уменьшает их массу, увеличивает жесткость и надежность конструкции. Изготовление сварных конструкций с помощью электронно-лучевой сварки обеспечивает получение механических свойств сварных соединений на уровне свойств основного материала. Кроме этого, малые деформации изделий, выполненные ЭЛС, позволяют изготавливать крупногабаритные сварные конструкции с меньшей трудоемкостью и с высоким коэффициентом использования металла.

Для определения оптимальных режимов сварки ДСЕ "Блок сварных дисков" из высоколегированного жаропрочного никелевого сплава, проводилась предварительная отработка режимов на образцах-свидетелях, после чего проводился рентгенконтроль и металлографическое исследование. Работы по электронно-лучевой сварке блока сварных дисков и образцов-свидетелей проводились на установке ЭЛУ-20Р, где применялся катод из материала LaB_6 диаметром 4,25 мм. Перед сваркой каждого блока сварных дисков, включая сварку образцов-свидетелей, производилась замена катода. Сварка образцов-свидетелей проводилась при различных параметрах ЭЛС (ток сварки, ток фокусировки) на двух различных режимах: с разверткой "поперечная линия" и без развертки. Электронная развертка - перемещение электронного луча в электронно-лучевом приборе при помощи отклоняющих систем, использовалась для создания более благоприятных газо- и гидродинамических условий формирования канала сварного шва.

В результате металлографических исследований получившихся шлифов из образцов-свидетелей сварного соединения (анализ макро- и микроструктуры сварных швов, определение геометрических параметров сварного шва) был определен диапазон оптимального тока сварки ДСЕ "Блок сварных дисков". При применении развертки и изменении тока фокусировки было замечено значительное увеличение тока сварки образцов. По металлографическим исследованиям видно, что применение развертки при сварке дает значительное увеличение глубины проплавления и ширины сварного шва на входе в «технологическую подкладку» без каких либо дефектов сварного шва. Благодаря развертке при сварке удается резко расширить диаметр и повысить устойчивость канала в сварочной ванне, что благоприятно сказывается на стабильности формирования швов: уменьшается разбрызгивание расплавленного металла, предотвращается вытекание расплава из ванны при сварке горизонтальным пучком, уменьшается склонность к образованию трещин, корневых дефектов и протяженных полостей.

Без применения развертки практически невозможно избежать «корневых непроваров» при сварке образцов-свидетелей, так как весьма сложным, оказывается, точно направить узкий луч по глубокому стыку при большой протяженности шва.

Влияние параметров режима лазерной сварки на образование дефектов сварного шва

Сондык С.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Саушкин Б.П.
МосковскийПолитех, каф. ТиОМ
sondyksa@mail.ru

В машиностроении все чаще применяется лазерная сварка металлов больших толщин (более 1 мм). Несмотря на все разработки в этой области в условиях опытного и мелкосерийного производства до сих пор сталкиваются с проблемой подбора режимов при работе на лазерном оборудовании. Ниже представлены результаты исследования влияния параметров режима сварки на образование дефектов сварного шва.

Сварка производилась непрерывным лазерным излучением на лазерной установке портального типа на базе иттербиевого волоконного лазера мощностью 15 кВт производства IPGPhotonics. Встык сваривались образцы размером 50х50 мм толщиной 5 мм из листовой коррозионно-стойкой стали 07Х16Н6. Для предотвращения смещения образцов и плотного прилегания торцов использовалась специальная оснастка. В область сварочного пятна и к корню шва подавался аргон для защиты шва от окисления. Перед сваркой торцы образца зачищались на шлифовальном станке и обезжиривались.

Осуществлялся рентгеноконтроль путем анализа фотографий, полученных на рентгеновском аппарате YXLON.MG325 на пленке KodakMX125. Полученные негативы оцифровывались с высоким разрешением на сканере EpsonExpressoin 10000XL и исследовались с помощью программного комплекса «ВидеоРен Про».

В работе при различных режимах лазерного излучения оценивалась пористость шва, количественную оценку которой получали, как отношение площади дефектов на снимке к общей площади сварного шва. Также определен средний диаметр пор, их количество и распределение размеров.

Установлены зависимости образования дефектов от мощности и скорости лазерного луча и определены пороговые значения этих параметров. Так при погонной энергии менее 350 Дж/мм металл проваривается не на всю глубину. В то время как при значениях погонной энергии больше 550 Дж/мм жидкий металл под действием гидродинамических сил выплескивается из сварочной ванны, при этом пористость достигает П = 20%, что совершенно неприемлемо. Наилучшие швы с минимальной пористостью порядка П = 2,8% были получены при сварке на скорости V = 700 мм/мин и мощности излучения P = 4,5 кВт. Средний диаметр пор при этом также был минимален и составлял $d_{ср}$ = 0,461 мм.

Образование дефектов в сварном шве зависит от многих факторов, в числе которых избыточная или недостаточная плотность потока мощности, точность сборки изделия перед сваркой, подготовка кромок, степень защиты сварочной ванны газом. Для получения качественных сварных швов не нужно пренебрегать ни одним из них как на этапе подбора режима, так и при сварке деталей.

Исследование возможности получения герметичных соединений меди с нержавеющей сталью с использованием лазерной сварки

Степанов М.А.
Научные руководители – профессор, к.т.н. Федоров С.А., доцент, к.т.н. Степанов В.В.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
Stepanov_222@mail.ru

На сегодняшний день при изготовлении различных конструкций часто появляется необходимость соединения разнородных материалов, таких как медь со сталью. Основные сложности при сварке разнородных материалов возникают из-за различия в их теплофизических и химических свойствах, которые могут приводить к ухудшению формирования сварных соединений и появлению различных дефектов. Так, при сварке

меди с нержавеющей сталью, медь может проникать по границам зёрен и расклинивать их, что приводит к появлению внутренних напряжений и к возникновению трещин.

Для оценки возможности сварки меди с нержавеющей сталью были рассмотрены их основные физико-химические свойства металлов и определено, что из-за высокой теплопроводности меди возможно неравномерное образование сварочной ванны со смещением её в сторону стали. Анализ металлургического взаимодействия свариваемых материалов показал, что они обладают взаимной растворимостью в жидком и твердом состоянии, а также не образуют характерных интерметаллидных фаз, способных охрупчивать сварные соединения. Таким образом, исходя из оценки свариваемости данных материалов, было установлено, что для сварки целесообразно использовать высококонцентрированные источники энергии, например лазерный или электронный луч, обеспечивающие минимальную ширину зоны термического влияния (ЗТВ).

Сравнение технологических особенностей сварки лазерным и электронным лучом показали, что лазерная сварка является более универсальным процессом, не требующим создания вакуума в месте сварки и облегчающим выполнение швов сложной конфигурации. Применение лазерной сварки также позволит уменьшить тепловложение в основной материал, что обеспечивает высокую технологическую прочность сварных соединений и небольшие деформации конструкций. Однако, тепловложение при лазерной сварке в существенной степени зависит от свариваемого материала и состояния его поверхности, т.к. основные потери мощности лазерного излучения происходят за счёт отражения. С учётом того, что медь обладает высоким коэффициентом отражения, при лазерной сварке возможно неравномерное формирование соединения, со смещением сварочной ванны также в сторону нержавеющей стали. Были рассмотрены основные технологические приёмы для формирования качественного сварного шва при сварке разнородных материалов и установлено, что для обеспечения высоких механических свойств целесообразно производить смещение лазерного луча от оси шва в сторону нержавеющей стали.

Изученные технологические приёмы сварки нержавеющей стали с медью были использованы при изготовлении заглушки, которая состоит из кольца и обода, выполненных из стали 12Х18Н10Т, и пластины из технической меди М1. Исходя из требования герметичности, предъявляемого к данной конструкции, для экспериментов была выбрана лазерная сварка в непрерывном режиме. Сварка выполнялась с использованием волоконного лазера ЛС-2 на установке ТЛУ-1000, оснащённой вращателем. Сварку выполняли с фокусировкой лазерного луча на стальную заготовку в среде защитных газов (аргона) на следующих режимах: P=850 Вт, $d_л$=1 мм, Vсв= 10 мм/с, расход защитного газа 5 л/мин. После сварки шов контролируется визуально, а также проводится рентгеновский контроль на режимах U=160кВ, I=1мА, t = 1 мин. В результате было установлено качественное равномерное формирование сварного соединения. Дефектов типа непроваров и трещин обнаружено не было. Испытания на герметичность проводились методом аквариума при создании избыточного давления 3 атм. и показали отсутствие течей.

Способ динамических испытаний листовых материалов с использованием магнитно-импульсного нагружения

Тиабашвили А.Т.
Научный руководитель – доцент, к.т.н., Черников Д.Г.
Самарский университет, каф. ОМД
tiabashvili94@mail.ru

Одной из важнейших задач при разработке технологического процесса изготовления деталей является прогнозирование дефектов, возникающих при деформировании. Для анализа предельного формоизменения материала при листовой штамповке широко применяются диаграммы предельных деформаций (FLD-диаграммы), которые устанавливают связь между компонентами главных деформаций в момент разрушения. В связи с интенсивным развитием высокоскоростных методов пластического

деформирования определенный интерес представляет исследование предельных возможностей металлических заготовок при динамическом нагружении, которые позволят оценить FLD диаграммы.

Известно несколько способов механических испытаний, использующих динамическое нагружение листового материала. Данные способы основаны на преобразовании высокой энергии, электромагнитного поля, сжатого газа, гидравлической энергии в работу пластической деформации и характеризуются кратковременностью силового воздействия, высокими скоростями деформирования материала. Наиболее оптимальным с точки зрения безопасности, управляемости и простоты осуществления является динамический способ испытаний, реализуемый благодаря магнитно-импульсным технологиям. Главными преимуществами магнитно-импульсного нагружения являются точность дозирования энергии, большие давления на заготовку, высокие скорости деформирования а также компактность оборудования по сравнению с существующими установками для высокоскоростных испытаний.

Для реализации предлагаемого динамического способа испытаний листовых металлических заготовок были разработаны технологические схемы, с разгоном пуансона и с разгоном матрицы, прижима и заготовки, объединенных в один блок. В результате, была спроектирована и изготовлена технологическая оснастка по первой схеме, состоящая из матрицы, прижима и полусферического пуансона, разгоняемого импульсным магнитным полем. Апробация предложенного способа и технологической оснастки проведена на магнитно-импульсной установке МИУ-50. В испытаниях использовались круглые листовые заготовки из сплава АМг6. В статической области нагружения образцы получены с использованием универсальной испытательной машины Testometric.

Анализ деформированного состояния образцов после испытаний производился системой анализа изображений GOM Argus, в результате которого были получены FLD диаграммы для статической и динамической области нагружения. Анализ диаграмм показал, что с увеличением скорости протекания процесса (скорости деформации), возрастают предельные деформационные характеристики листового материала.

Влияние пористости на коррозионные свойства газотермических покрытий

Тимофеев А.А.
Научный руководитель – доц., к.т.н. Фомичева Н.Б.
ТулГУ , каф. ФММ
lex.sw@yandex.ru

Повышение эксплуатационной надежности и работоспособности изделий возможно с помощью защитных покрытий, которые позволяют повысить такие характеристики как износостойкость и коррозионная стойкость материала.

Практически весь спектр свойств материалов, включая физические, механические и эксплуатационные, зависит от пористости покрытий, нанесенных на эти материалы.

Известно, что большое влияние на скорость и характер процесса электрохимической коррозии оказывает состояние поверхности материала: тонкая шлифовка и полировка поверхности повышают коррозионную стойкость, а грубая обработка металлической поверхности способствует скоплению на ней влаги и как следствие ухудшает коррозионную стойкость.

В работе изучали коррозионные свойства покрытий, полученных методом газотермического напыления порошков мартенситно-стареющих сплавов на основе железо-хром-никель.

Были проведены расчеты открытой и закрытой пористости металлографическим методом (метод А.Розиваля) и гидростатическим методом.

После проведения металлографического анализа структуры покрытий для ряда образцов была выявлена рассеянная пористость. Данный вид пористости относится к закрытой и связан с уменьшением растворимости газов в материале покрытия при его кристаллизации.

Характер расположения пор у других образцов с покрытиями показал наличие как открытой, так и закрытой пористости. Поскольку будущими условиями эксплуатации исследуемого покрытия определены агрессивные среды, то наличие открытых пор нежелательно, поскольку по открытым поровым каналам покрытия может пройти агрессивная среда к поверхности металла.

В ходе исследований получено, что при увеличении открытой пористости покрытия в 2 раза, время до начала коррозионного процесса уменьшается на 45%. Однако с увеличением толщины покрытия пористость уменьшается, вследствие перекрытия пор последующими слоями металла.

Для представленных образцов был проведен расчет общей пористости, которая составил от 3 до 10 %.

В работе проведена адаптация фрактальной параметризации структуры покрытий для определения фрактальной размерности. Для этого был использовали метод покрытия изучаемой на фотографии области равномерной квадратной сеткой с различной длиной стороны квадрата.

В результате проведения исследований получены регрессионные уравнения, связывающие коррозионную стойкость материала покрытия с пористостью, а также с фрактальной размерностью структуры.

Перспективы применения высокотемпературных сверхпроводников второго рода (ВСТП)

Турчак Г.Р.
МАИ, каф. МиТОМ
turchak.gr@rambler.ru

Сверхпроводники второго рода – ряд материалов, при охлаждении которых ниже критической температуры, обладают нулевым сопротивлением. Они подразделяются на низкотемпературные (охлаждаемые жидким или газообразным гелием) и высокотемпературные (охлаждаемые жидким или газообразным азотом).

Наиболее перспективными являются высокотемпературные сверхпроводники, открытые лишь в 80-е годы XX века. Они имеют большой интерес как с практической, так и с экономической точки зрения. Так как приобретают нулевое сопротивление при большей температуре, как следствие снижение стоимости хладоагента и поддержания необходимой температуры в 50-100 раз.

Открытие ВСТП сняло теоритический запрет на повышение критической температуры выше 30°К. Таким образом, с момента открытия сверхпроводников критическая температура повысилась с 30°К до 130°К и это далеко не предел, ведутся работы по повышению этой температуры вплоть до комнатной.

Основные направления создание приемлемых для реализации в слаботочной технике, технологичных и стабильных тонкопленочных структур и в особенности сильноточных токонесущих элементов в виде проводов, кабелей, лент и другое, для использования в сильноточной технике.

ВСТП найдет широкое применение в микроэлектронике, уже на данный момент существуют модели ячеек памяти, со сверхчувствительными считывающими головками, использование которых позволит увеличить производительность в 10-100 раз.

Использование в космической технике, например в «забортовой» или бортовой аппаратуре, вычислительных системах. А так как «теневая» температура спутников примерно 90°К, то возможна работа и без охладительных систем, что позволит снизить удельную массу охладителя в 50 раз, объем в 1000 раз и при этом повысить надежность работы систем в 10 раз.

Разработаны первые образы криодвигателей с использованием высокотемпературных сверхпроводников, которые также успешно прошли испытания.

Применение на поездах с магнитной подушкой – это очень перспективное направлением, так как они требуют сравнительно небольшое количество элекроэнергии, невелики расходы на эксплуатацию, имеют низкий уровень шума и самое главное -

скорость передвижения будет сравнима со скоростью самолета. Такие вид транспорта уже реализован и функционирует на коротких маршрутах, в Германии, Китае и Японии.

Наиболее радикальные экономические последствия во многих отраслях промышленности принесет применение ВСТП в сильноточной технике. Это направление включает в себя создание электроэнергетических систем преобразующих, передающих электрический сигнал. Так как основная способность сверхпроводников - без потерь нести высокие плотности транспортного тока в сильных магнитных полях при температурах ниже критической. Благодаря этому свойству мы получаем хорошую возможность улучшить КПД, массогабаритные характеристики, снизить эксплуатационные расходы.

Вакуумная цементация и закалка зубчатых колёс с использованием газа под высоким давлением

Худяков А.А.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Калашников А.С.
Московский политехнический институт
alexandr_kalashnikov45@rambler.ru

Для обеспечения высоких прочностных свойств стальные зубчатые колёса изготовляют из многочисленных марок сталей и подвергают различной химико-термической обработке (ХТО). Объективным критерием оценки прочности цилиндрических и конических зубчатых передач является контактная и изгибная выносливость зубьев.

Для зубчатых колёс, работающих при высоких нагрузках и окружных скоростях и имеющих значительные контактные напряжения, наиболее часто применяют легированные стали после цементации (нитроцементации) и закалки, которые характеризуются пределом контактной выносливости боковых поверхностей зубьев 1300…1650 Н/мм².

Для получения необходимых прочностных свойств у стальных цилиндрических и конических зубчатых колёс преимущественно применяют методы газовой цементации (нитроцементации) в контролируемых эндотермических атмосферах с последующей закалкой в масло. При этом процесс ХТО выполняют в автоматизированных проходных и камерных агрегатах, обладающих высокой производительностью и обеспечивающих полный цикл обработки от нагрева до закалки.

В качестве охлаждающей среды используют масло. При окунании нагретой заготовки в масло она находится в трёх различных зонах: конвекции, пузырькового и плёночного кипения. Это вызывает большие перепады температуры как внутри, так и на поверхности заготовки.

При закалке газом температура поверхности цилиндрической заготовки по всей длине одинаковая (250 ºС), она постепенно увеличивается по мере углубления в заготовку до 750 ºС . Охлаждение заготовки при закалке инертным газом происходит равномерно по всей длине с одинаковой интенсивностью, что позволяет значительно снизить деформации по сравнению с закалкой в масло.

Вакуумная цементация в комбинации с закалкой газом под высоким давлением представляет собой инновационную химико-термическую технологию и имеет большие перспективы при изготовлении высокоточных цилиндрических и конических зубчатых передач.

Разработка технологии получения комбинированного инструмента с использованием стыковой сварки оплавлением

Чибисов А.М.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Никитина Е.В.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
kimimail@mail.ru

Комбинированный режущий инструмент позволяет не только экономично расходовать материалы, но и обладает повышенным сроком службы. Комбинированный

инструмент, способный работать без потери режущих свойств до Т= 600^0 - 650^0С, обязательно должен включать инструментальную дисперсионно-твердеющую сталь. Разрабатывалась технология получения комбинированного инструмента из стали 40Х с режущей частью из стали Р18. Для соединения хвостовой части с режущей, использовали метод стыковой сварки оплавлением с подогревом. Были разработаны режимы получения соединений заготовок инструмента от Ø16 до Ø55 мм.

Режимы:

Сварка Ø16: Р=5,0 кг/мм^2; $I_{ос}$=2,3 кА; $S_{ос}$=3,0 кгс; $I_{опл}$=3 кА; $V_{опл}$= 0,8 мм/сек.

Сварка Ø55: Р=14,0 кг/мм^2; $I_{ос}$=3 кА; $S_{ос}$=5,0 кгс; $I_{опл}$=5 кА; $V_{опл}$= 1,3 мм/сек.

Для исключения образования дефектов (пустот, несплошностей, трещин, рыхлот и др.) применена специальная схема подготовки заготовок под сварку: оплавляемый торец хвостовой части инструмента необходимо изготавливать в виде усечённого конуса.

После сварки заготовок их помещают в шахтную печь электросопротивления, нагретую до Т=700^0С и в течении 5-ти часов производят плавный нагрев до температуры Т=870^0С, далее выполняют 5-ти часовой отжиг при Т=870^0 ±10^0С, а затем остывание с печью (со скоростью 50^0-60^0С в час). Такой отжиг способствует снятию напряжений и предотвращению образования трещин в зоне сплавления разнородных металлов, а так же понижению твердости металла для облегчения механической обработки режущей части.

После механической обработки инструмент подвергают термообработке в соляной ванне, разогретой до температуры Т=1280^0±10^0С. Время выдержки устанавливают из расчета 8-9 сек на 1 мм наименьшего диаметра инструмента (но не более 3 минут). Дальнейшее остывание происходит в масле.

Для обеспечения требуемой твердости режущего инструмента, необходимо применять трехкратный отпуск, (продолжительность каждого отпуска 45-60 мин, при температуре 560^0 ±10^0С). Это приводит к повышению прочности в пределах HRC 63-65.

Выводы:

1. Разработан режим контактно стыковой сварки оплавлением для деталей от Ø16 до Ø55 мм.
2. Внесено изменение в технологию: оплавляемый торец хвостовой части инструмента изготавливают в виде усечённого конуса. Диаметр конуса, должен быть не более 50% от исходного диаметра свариваемых заготовок.
3. Предложен режим 3-х ступенчатой термообработки.

Совершенствование процесса приготовления стержневых и формовочных смесей в центробежно-лопаточных смесителях

Шестков Д.С.
Научный руководитель – профессор, д-р техн. наук Серебряков С.П.
РГАТУ им. П.А. Соловьёва, каф. МЛС
shestckov@yandex.ru

В современном литейном производстве большое разнообразие состава стержневых и формовочных смесей и разновидностей связующих компонентов делает возможным получать качественные смеси, а также литейные формы с необходимыми свойствами. Качество отливок существенно зависит от качества смесей. До 80% брака в отливках связано с недостаточным качеством стержней и форм. Поэтому повышение эффективности применения связующих компонентов, а также их расхода путем совершенствования применяемого оборудования и технологии смесеприготовления, разработка новых конструкций и принципов работы в приготовлении смесей, делающих возможным получать высококачественные смеси, является актуальным направлением в развитии литейного оборудования.

Давно известны центробежно-лопаточные машины для получения стержневых и формовочных смесей, например, патент на полезную модель «Устройство для смешивания» RU 77190, МПК B22C 5/04, 20.10.2008. Существенным недостатком этого смесителя является то, что он подходит только для порционного получения смесей, а при непрерывном режиме работы отсутствует перемещение материала вдоль оси камеры,

вследствие чего материал скапливается в рабочей камере и происходит остановка работы смесителя.

Для получения стержневых и формовочных смесей в непрерывном режиме был разработан новый смеситель (патент на полезную модель RU 141727, МПК B22C 5/04, 11.10.2013). Технический результат этого смесителя выражается в уменьшении цикла получения стержневых и формовочных смесей от 5 до 30 секунд, увеличении прочностных свойств смесей, а также газопроницаемости от 20 до 50%. Недостатками этой конструкции является сложность обслуживания смесителя, налипание смеси на перемещающие лопатки, вследствие этого снижается его производительность.

Для того, чтобы устранить недостатки предыдущей конструкции была разработана лопатка, которая выполнена из износостойкого материала в виде плоской пластины. В процессе работы смесителя рабочая камера вращается со скоростью, обеспечивающей скорость резания лопаткой смеси от 8 до 20 м/с. Для смесей малосвязных скорости вращения выбираются меньшими, а для смесей с повышенной связностью – большими. В рабочую камеру засыпают с постоянным расходом материала жидкие и сыпучие компоненты, смешиваемые компоненты при каждом обороте рабочей камеры проходят через следующие зоны: зона захвата смеси рабочей камерой, сжатия центробежной силой по стенке камеры, срезания износостойкой лопаткой, движения по этой лопатке, движения от лопатки к стенке камеры. Происходит формирование качественных смесей из-за того, что смеси подвергаются интенсивной обработке сжатием-разрушением. Поверхность рабочей лопатки выполнена в виде соприкасающихся друг с другом канавок, которые обеспечивают перемещение материала вдоль оси рабочей камеры, при этом в основном канавки смещают в направлении выхода внутреннюю часть потока смеси, помещенную в канавки и прилегающую к ней. Получение готовой смеси из рабочей камеры выполняется дополнительной лопаткой, которая направляет поток материала из рабочей камеры на потребление. Главным достоинством является упрощение конструкции и обслуживания центробежно-лопаточного смесителя, тем самым повышается его производительность.

В настоящее время работы по совершенствованию смесеприготовительного оборудования продолжаются. Это обусловлено постоянным повышением требований к качеству выпускаемой продукции.

Секция «Механика и моделирование материалов и технологий»

Исследование закономерностей изменения силовых параметров и предельных возможностей формообразовании при изотермической прошивке патрубков

Абаносимов Д.О.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Черняев А.В.
ТулГУ, каф. МПФ
abanosimoff2018@yandex.ru

Использование всевозможных патрубков с наклонным фланцем широко распространено в различных отраслях отечественной промышленности. Ввиду своей сложной геометрической формы и особенностей используемого материала, технологические процессы изготовления подобного рода деталей имеют ряд особенностей и проблем, решение которых может значительно повысить качество получаемых деталей и изделий в целом.

Оптимизация и повышение эффективности технологии изготовления патрубков с наклонным фланцем методом изотермической прошивки с учетом сохранения заданного качества деталей, является важной научно-технической задачей, которая требует комплексного подхода при создании и обосновании силовых и геометрических режимов деформирования в условиях крупносерийного производства. В свою очередь, нахождение и исследование предельных возможностей формообразования при использовании рассматриваемого процесса формоизменения дает нам возможность расширить номенклатуру получаемых деталей, что может привести к значительной оптимизации

существующих технологических процессов в широком диапазоне заготовительного производства для большинства отраслей современной промышленности. Важно отметить, что уменьшение металлоемкости и трудоемкости изготовления изделий ответственного назначения, связанное с исследованием и оптимизацией процессов изотермической прошивки деталей с наклонным фланцем из анизотропного материала, ведет к значительному повышению производительности труда, а так же снижению технологических издержек производства, что особенно актуально в отраслях точного машиностроения и условиях крупносерийного производства.

Теоретические исследования операции изотермической прошивки заготовок с наклонным фланцем из трансверсально-анизотропного материала в режиме вязко-пластического течения проводятся с использованием рекомендаций и методик, разработанных Яковлевым С.П., Яковлевым С.С., Черняевым А.В. и другими. Одной из основных задач работы является установление влияния технологических и технических параметров, условий трения на контактной поверхности заготовки и инструмента, геометрии рабочего инструмента на скоростно-силовые режимы и предельные возможности формообразования при использовании операций изотермической прошивки заготовок с наклонным фланцем.

Экспериментальные исследования по отработке технологии проводятся в среде программного комплексе Qform 3D на базе кафедры МПФ Тульского государственного университета. Созданы модели рабочего инструмента и заготовки, а основными материалами для моделирования процессов изотермической прошивки являются труднодеформируемые стали. Ведется работа по оптимизации геометрии контура рабочего инструмента, а так же созданию актуальной математической модели, удовлетворяющей частным требованиям, предъявляемым к выбранным изделиям.

Дальнейшее изучение и исследование описанных выше операций обработки металлов давлением имеет серьезные перспективы для совершенствования технологий обработки металлов давлением, применяемых в различных отраслях промышленности нашей страны. Возможность рационализации и оптимизации технологических процессов изотермической прошивки патрубков с наклонным фланцем несомненно приведет к положительному технико-экономическому эффекту.

Анализ процессов визуализации складкообразования при холодном выдавливании стальных заготовок

Абаносимов Д.О., Гаврилин И.А., Тесаков Д.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Коротков В.А.
ТулГУ, каф. МПФ
gawrilin.ivan2222@yandex.ru

Холодное выдавливание различных корпусных деталей для различных отраслей промышленности является одним из наиболее предпочтительных способов изготовления полуфабрикатов в рамках технологического цикла. При всех своих преимуществах данный способ обработки металлов давлением имеет ряд проблем: стойкость инструмента, высокие удельные силы деформирования, разрушение заготовок в процессе выдавливания. Для расширения номенклатуры получаемых изделий необходимы тщательные исследования скоростно-силовых, геометрических и механических параметров процесса. Существенное влияние на возможность получения деталей с помощью выдавливания оказывает явление складкообразования. Из-за высоких степеней деформации при изготовлении корпусных деталей из объемных заготовок, и в особенности различных тонкостенных осесимметричных деталей достаточно проблематично точно отследить все стадии складкообразования в процессе деформирования.

Проведено моделирование большого числа процессов с использованием прутковых заготовок, позволившее разработать рекомендации для определения оптимальной формы и размеров прутка в зависимости от конечной геометрии требуемого изделия. Программный комплекс QForm позволяет предсказать образование складок на заготовке в

режиме реального времени, что дает нам возможность оптимизировать геометрию рабочего инструмента с целью устранения критических участков в процессе холодного деформирования, что неизбежно повышает качество получаемых деталей. Возможность применения в качестве заготовки стальных прутков максимальной высоты может существенно увеличить габаритные размеры выдавленных деталей без значительного увеличения силы деформирования. Кроме того, применение смазочных составов снижающих силы трения на контактных поверхностях инструмента и заготовки серьезно повышает стойкость инструмента. Моделирование преимущественно проводилось для стали марки Ст3. Важно заметить, что уменьшение диаметра заготовки без уменьшения ее объема, но с увеличением высоты, может дать возможность более точно сцентрировать рабочий инструмент относительно друг друга, что особенно важно при изготовлении тонкостенных корпусов в условии производства. Данный подход ощутимо сокращает трудовые и экономические затраты.

Проведены экспериментальные исследования с использованием специально разработанной штамповой оснастки, подтвердившие данные численного моделирования методом конечных элементов. Выявлено, что равномерная осесимметричная деформация стальных заготовок может быть получена на практике даже при относительной высоте прутковой заготовки больше 6. Исходя из этого можно сказать, что можно на практике заменить многие процессы предварительной обработки заготовок, такие как, например, осадки заготовок матричной полости на схемы деформирования с использованием удлиненной прутковой заготовки.

Полученные результаты могут служить основой для разработки и рационализации большого числа существующих способов холодного выдавливания осесимметричных стальных корпусных деталей при условии проведения дальнейших экспериментальных исследований.

Исследование возможности изготовления конических заготовок из цветных металлов с помощью технологии обратного выдавливания

Абаносимов Д.О., Гладков В.А., Самсонов Н.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Черняев А.В.
ТулГУ, каф. МПФ
Slaviqa91@mail.ru

Совершенствование технологий изготовления всевозможных деталей нестандартной формы и конфигурации является одной из приоритетных задач современного направления обработки металлов давлением. Возможность оптимизации технологических процессов изготовления крупногабаритных и мелкогабаритных деталей из цветных металлов и сплавов может дать существенный экономический эффект в условиях крупносерийного производства.

В современной промышленности детали типа «воронка» применяются во готовых изделиях военной и гражданской промышленности, основное их назначение- обеспечение требуемых технических характеристик. При изготовлении данного вида изделий считаются важными и ключевыми такие параметры как, материал, из которого они изготавливаются (во многих случаях медь марки М2), ее геометрические характеристики, а также прочностные свойства. Одной из основных проблем при изготовлении конусных корпусов является необходимость постоянного повышения эффективности производства, которое в свою очередь влияет на качество деталей. Требования, предъявляемые заказчиками, определяют недопустимость образования на «воронках» никаких видов дефектов, а именно, микротрещин, складкообразований и концентраторов напряжений на внутренней и внешней поверхностях изготовленной детали.

Основным способом производства таких деталей является ротационная вытяжка. Этот метод имеет ряд существенных недостатков по сравнению с, например, выдавливанием, вытяжкой: постоянная настройка и отладка оборудования, высокая доля ручного труда и т.д. Проведенные исследования и расчеты в программном комплексе QForm 3D показали возможность изготовления данного вида изделий методом обратного

выдавливания. На основе этого анализа получены рекомендации по проектированию штамповой оснастки, удовлетворяющей условиям и требованиям производства.

Исследуемый метод имеет ряд преимуществ, таких как скорость и качество изготовления в условиях крупносерийного производства, улучшенные прочностные характеристики воронок, снижение производственных площадей и возможность использования универсального штамповочного оборудования на предприятиях-изготовителях.

Данная работа предусматривает дальнейшие практические и теоретические исследования, которые помогут выявить оптимальные технологические конфигурации, форму и геометрию для штамповой оснастки. Раскрывается потенциал развития изготовления данного типа изделий с помощью составной структуры металлов, что приведет к уменьшению стоимости продукции, а так же улучшенным кинематическим характеристикам. Кроме того, исследования проводились с использованием медных заготовок, что дает возможность широкого варьирования геометрическими характеристиками получаемых деталей и расширения номенклатуры получаемых изделий.

Совершенствование технологии определения вибрационной составляющей при проведении исследования термоциклической долговечности литого никелевого сплава в режиме двухчастотного нагружения

Авруцкий В.В.[1], Першин А.В.[2], Хамидуллин А.Ш.[2]
Научный руководитель – к.т.н. Бычков Н.Г.[2]
[1] МАИ, каф. ММиК
[2] ЦИАМ

Для оценки термоциклической долговечности материала исследователями двухчастотного нагружения применяются подходы, основанные на гипотезах суммирования повреждений. Известно [1], что наибольший вклад в усталостную повреждаемость ответственных деталей газотурбинных двигателей (ГТД) вносит повреждаемость от неизотермической малоцикловой усталости, которая обусловлена высоким уровнем максимальных напряжений, превышающих предел текучести в местах концентрации напряжений. Кроме того, все детали ГТД подвержены воздействию вибрационных нагрузок. Обычно на доведенном двигателе уровень вибрационных нагрузок невелик, т.е. сами по себе вибрационные нагрузки не могут привести к разрушению, однако они взаимодействуют с малоцикловыми нагрузками, в результате чего возникает разрушение [2].

Основным источником информации о характеристиках термической усталости материалов являются испытания на термоциклическую усталость по методу Коффина [3], который хорошо имитирует процесс образования термоциклических напряжений в деталях при эксплуатации двигателей. В ЦИАМ разработана и изготовлена испытательная установка П926, которая позволяет проводить исследование термоциклической долговечности материала в условиях двухчастотного нагружения [4]. Целью данной работы стала модернизация испытательной установки П926, расширение функциональных возможностей установки и совершенствование технологии определения вибрационной составляющей при двухчастотном нагружении образца.

1. Степнов М.Н., Агамиров Л.В., Зинин А.В., Котов П.И., Васильев Д.В., Кузьмин А.Е. Научные школы. Прочность машин и конструкций при переменных нагрузках. — М.: МАТИ, 2001. — 164с.

2. Кузнецов Н.Д. Проблемы термоциклической прочности деталей ГТД. — Проблемы прочности, 1978, №6, с. 3 – 7.

3. Гаденин М.М. Особенности развития деформации и накопления повреждений при двухчастотном малоцикловом нагружении при повышенных температурах / Машиноведение, 1976. № 1. с. 69.

4. Зинин А.В., Бычков Н.Г. Термоциклическая прочность жаропрочного сплава и кинетика накопления повреждений при наложении вибрационных нагрузок. — Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2017. Том 83. №2, с.53 – 55

Анализ взаимодействия жесткого штампа и упругого тела для различных вариантов определяющих соотношений

Астапов Ю.В.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Маркин А.А.
ТулГу, каф. ВММ
ast3x3@gmail.com

Рассмотрены результаты численного решения задачи о внедрении жесткого штампа произвольной формы в образец, изготовленный из резиноподобного материала. Выполнен анализ полученных данных. В качестве уравнения движения среды используется вариационное условие квазистатического равновесия, предложенное в монографии [1]. Определяющие соотношения для гипоупругих тел наряду с требуемыми эволюционными уравнениями замыкают систему уравнений для определения напряженно-деформированного состояния образца при его конечных обратимых деформациях.

Взаимодействие части границы тела с жестким штампом приводит к необходимости учета на этой границе смешанных граничных условий контактного типа, включающих в себя кинематическое условие взаимного непроникновения $f(\vec{x})>0$, где $\vec{x}\in V$, а $f(\vec{x})$ – кусочно-гладкая функция, описывающая границу штампа. Данное ограничение учитывается с использованием обобщения подхода, описанного в [2] и являющегося естественным для метода конечных элементов и метода пошагового нагружения. Статические условия накладывают ограничения на величины касательных напряжений σ_τ. В отсутствие трения принимают $\sigma_\tau = 0$.

Предложенная модель позволяет рассматривать отклик образцов при воздействии штампов произвольной формы. Для апробации модели были решены осесимметричные задачи о внедрении сферического и конического с достаточно малым радиусом закругления жестких инденторов в упругий изотропный слабосжимаемый образец. Результаты хорошо согласуются с физически линейными решениями, полученными в работе [3] для аналогичных проблем.

Установлена степень влияния типа выбранной для определяющих соотношений объективной производной на характеристики напряженно-деформированного состояния. Расчеты с использованием коротационной производной Яуманна тензора напряжений приводят к завышенным значениям максимальных давлений под штампом по сравнению с обобщенной коротационной производной Яуманна. В то же время макрохарактеристики процесса не так чувствительны к выбору объективной производной.

Результаты могут быть использованы для построения методики экспериментов по определению упругих констант образцов предельно малых объемов, то есть не подлежащих других типам макровоздействий, кроме как взаимодействие с индентором.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (15-01-01875_а).

1. Маркин А.А. Термомеханика упругопластического деформирования / А.А. Маркин, М.Ю. Соколова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 320 с.

2. Астапов Ю.В. Моделирование взаимодействия гипоупругого тела с шероховатой плоскостью / Ю.В. Астапов // Материалы секции №4, Механика и моделирование материалов и технологий. – М.: Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, 2016. – С. 6-7.

3. Giannakopoulos A.E. Spherical indentation of incompressible rubber-like materials / A.E. Giannakopoulos, A. Triantafyllou // J. Mech. Phys. Solids. – 2007. – V. 55. – P. 1196–1211.

Оценка прочности и выбор оптимальной конструкции системы охлаждения активной фазированной антенной решетки

Бабайцев А.В.[1]
Научные руководители – профессор, д.ф.-м.н Рабинский Л.Н.[1]; Радченко В.П.[2]
[1]МАИ, каф. 910Б
[2]ПАО «Радиофизика»
ar77eny@gmail.com

В работе рассматривали U-образные трубы системы охлаждения, изготавленные из стали 12Х18Н10Т, находящиеся в элементах несущей конструкции полотна активной фазированной антенной решетки (АФАР). Рассмотрены четыре варианта конструктивного исполнения охлаждающих труб. Для каждой модели проведен прочностной расчет и исследована ширина зоны контакта труб охлаждения с окружающими конструкциями для отвода тепла. Каждый вариант рассматривался с различными толщинами при различном начальном зазоре. Внутреннее давление изменялось пошагово, с учетом изменения геометрической формы полученного на предыдущем шаге, в диапазоне от 0 до 500 кПа. Расчет проводился в геометрически нелинейной постановке методом КЭ в ПО ANSYS. Предварительная оценка напряженно-деформированного состояния (НДС) каналов выполняется с использованием конечно-элементной модели (КЭМ) для полоски, в предположении о том, что по длине канала НДС не меняется. Сечение моделировалось, используя двумерные элементы. Окружающие элементы канала принимались абсолютно жесткими. Зазоры между стенкой канала и окружающими элементами представлялись в КЭМ нелинейными элементами с односторонней связью. Критериями выбора оптимального варианта были прочность конструкции и выполнение условия контакта, между системой охлаждения и элементами конструкции АФАР.

В результате прочностных расчетов установлено, что величина начального зазора между трубами и охлаждаемыми элементами должна быть минимальной. На основании условия прочности выбран оптимальный вариант конструктивного исполнения охлаждающих труб. Для данного варианта конструкции проведен более детальный расчет, включая верхние фрагменты каналов охлаждения: выходные усилители мощности и вторичные источники питания. Для верхних фрагментов каналов охлаждения выполнена оценка длительной прочности в условиях термоциклирования. Порядок числа циклов до разрушения оценивался, с помощью соотношения Лэнджера.

Исследование влияния полимерных покрытий на механические свойства образцов из арамидной ткани

Бабайцев А.В.[1], Поляков П.О.[1]
Научные руководители – профессор, д.ф.-м.н. Рабинский Л.Н.[1]; Лысков Д.В.[2]
[1]МАИ, каф. 910Б, [2]ОАО «ГЛАВКОСМОС»
ar77eny@gmail.com

Объектом исследования в данной работе является парашютная ткань, из которой изготавливают купол теплового щита для спускаемого аппарата.

Рассматриваются образцы из арамидной ткани без покрытия и с нанесенным полимерным покрытием.

Так как конечное изделие имеет форму купола, то образцы с покрытием вырезались в продольном и поперечном направлениях из изделия. Для каждой партии были получены 7 образцов размером 20х200 мм. Партия образцов без покрытия состояла так же из 7 образов, но размером 50х200 мм. Для образцов без покрытия в местах захватов был нанесен укрепляющий слой эпоксидной смолы. Механические испытания проводили на установке Instron 5969 с программным обеспечением Bluehill 3. При проведении испытаний учитывали рекомендации стандарта ГОСТ 6943.10-79. Скорость испытания составляла 1 мм/мин. Для точного измерения перемещений и деформаций образца использовали видео-экстензометр. Испытания на растяжение проводились до разрушения.

Зачетным считался образец с разрушением в рабочей части, а не в захвате. В результате испытаний определяли предел прочности, предельные деформации и модуль упругости.

По результатам всех испытаний построены графики зависимости деформации и напряжения и определены механические свойства для каждой партии. Даны рекомендации для дальнейшего изучения подобного изделия при повышенной температуре.

Моделирование механических свойств пористой керамики на основе нитрида кремния, полученной с применением технологий трехмерной печати

Бабайцев А.В.[1], Поляков П.О.[1], Соляев Ю.О.[1,2]
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Рабинский Л.Н.
[1]МАИ, каф. 910Б, [2]ИПРИМ РАН
scypik@rambler.ru

Проводено аналитическое и численное моделирование модуля упругости и прочности керамики на основе нитрида кремния, полученной с использованием технологий трехмерной печати и реакционного спекания. Материал может содержать от 20% до 70% пористости, причем поры могут обладать сложной геометрией. Для моделирования привлекаются известные аналитические соотношения для прогноза эффективных упругих характеристик материалов, содержащих сфероидальные и вогнутые поры. Конечно-элементное моделирование проведено на представительных фрагментах керамики для прогноза ее прочности. Привлечены и сопоставляются результаты расчетов в рамках моделей зернистой матрицы и модели сферических пор. Данные об упругих характеристиках материала матрицы получены с использованием наноиндентирования. Результаты расчетов сопоставлены с экспериментальными данными.

Показано, что механические характеристики керамики в значительной степени определяются гранулированным (зернистым) характером ее микроструктуры и вогнутой формой пор, которые возникают после спекания заготовок, получаемых из порошка кремния. Такой тип структуры неизбежно возникает при использовании технологии инжекции связующего (binder jetting) при трехмерной печати заготовок керамики. В результате, керамика обладает значительно более низкими механическими характеристиками, по сравнению с типовыми значениями свойств, которые могут быть достигнуты при использовании традиционных технологий. Для улучшения свойств заготовок керамики можно применять различные техники, основанные на подборе дисперсности порошков, типа связующего, толщины слоев печати, механической подпрессовки заготовок в процессе или после завершения трехмерной печати и т.д. В работе на основе расчетов дана оценка возможного максимального повышения механических характеристик исследуемой керамики за счет применения механического уплотнения заготовок в процессе их трехмерной печати.

Численное моделирование распространения упругой волны через слоистый композит с вязкопластическими прослойками

Балабанов В.А., Ледовских Д.С.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Никитин И.С.
МАИ, каф. ИФ
bigskarlet@gmail.com

В работе [1] методом асимптотического осреднения [2] была построена уточненная модель слоистой среды с проскальзыванием на контактных границах.

В данной работе на основе обобщенной модели с нелинейными условиями скольжения [3] численно решается нестационарная задача о прохождения упругой волны через слоистый пакет с тонкими вязкопластическими прослойками.

Поведение среды описывается неклассической нестационарной системой уравнений в частных производных, которая имеет вид динамической системы уравнений теории упругости первого порядка с добавочными членами, содержащими функции φ и

Ω. Эти функции представляют собой распределенные скольжения на межслойных границах первого и третьего порядка по ε соответственно, где ε - малая толщина слоя. Для них получены эволюционные уравнения, связанные с видом принятых условий скольжения.

Начальные условия нулевые, на одной из границ расчетного прямоугольника задаются гармонические касательные смещения, на остальных границах ставятся условия пропускания нестационарных возмущений.

Используется конечно-разностная явно-неявная схема 2 порядка по пространственным координатам и времени. По неявной схеме аппроксимируются уравнения для функций φ и Ω, содержащие малый параметр вязкости при временной производной. Остальные уравнения аппроксимируются по явной схеме.

Исследуется сигнал, отраженный от слоистого пакета в упругой среде в зависимости от толщины пакета и его расстояния до нагружаемой поверхности.

Работа выполнена по проекту РФФИ № 15-08-02392-а.

1. Бураго Н.Г., Никитин И.С. Уточненная модель слоистой среды с проскальзыванием на контактных границах // Прикладная математика и механика. 2016. Т.80. №2. С. 230-241.

2. Бахвалов Н.С., Панасенко Г.П. Осреднение процессов в периодических средах. М.: Наука. 1984. 352 с.

3. Nikitin I.S., Burago N.G., Nikitin A.D. Continuum Model of the Layered Medium with Slippage and Nonlinear Conditions at the Interlayer Boundaries// Solid State Phenomena. 2017. Vol. 258. Pp. 137-140.

Исследование температурного поля в плоском образце с концентратором при СВМУ нагружении

Барсегян О.С.
Научный руководитель – Никитин А.Д.
МАИ, каф. ИФ
different_ovik@mail.ru

Анализ разрушений лопаток газотурбинных двигателей (ГТД) в эксплуатации [313] показал, что причиной преждевременного выхода из строя этих элементов двигателя является высокочастотное нагружение малой амплитуды. За счет высокой частоты нагружения лопатки способны нарабатывать до 10^9 циклов за время расчетного срока службы. Исследование процессов усталостного разрушения в области больших долговечностей (10^8 – 10^{10} циклов) является важной инженерной и научной задачей и называется сверхмногоцикловой усталостью (СВМУ). Экспериментально показано, что зарождение усталостной трещины при наработках более 10^7 циклов происходит преимущественно под поверхностью образца [2]. Такой характер накопления усталостной повреждаемости приводит к значительным сложностям при детектировании трещин в области СВМУ. Одним из методов неразрушающего контроля, позволяющим определять момент зарождения усталостной трещины под поверхностью, является инфракрасная термография [3]. Под действием приложенных внешних нагрузок в вершине трещины формируется зона пластической деформации, которая является источником тепловыделения в материале. Наблюдая за эволюцией тепла на поверхности образца можно сделать вывод о наличии, или отсутствии трещина - подобного дефекта в объеме материала. Для получения данной оценки необходимо знать пространственное распределение поля температур (и, в частности, температуру на поверхности образца), вызванного действием локализованного внутреннего источника. Данная работа посвящена оценке температурных полей, вызванных выделением тепла в пластической области вблизи концентратора.

В работе рассмотрена плоская задача - образец с краевым надрезом в качестве концентратора. Образец нагружается смещениями, действующими вдали от концентратора в направлении перпендикулярном плоскости надреза. Зона пластической деформации определяется в рамках линейной механики разрушения. Предполагается, что

энергия, выделяющаяся в области пластической деформации в качестве тепла численно равна работе пластической деформации. На основании данного предположения определяются параметры локализованного источника тепла, и решается задача теплопроводности. Результаты расчета сравниваются с экспериментальными данными, полученными для стали.

1. Шанявский А.А., Моделирование усталостных разрушений металлов. Синергетика в авиации. – Уфа: Монография, 2007. – 500 с.

2. Bathias C., Paris P. C. Gigacycle fatigue in mechanical practice // Dekker, New York. – 2004, p. 328.

3. N. Ranc, T. Palin-Luc, P.C. Paris, N. Saintier, About the effect of plastic dissipation in heat at the crack tip on the stress intensity factor under cyclic loading, International Journal of Fatigue, Vol. 58, 2014, pp. 56 - 65

Исследование микроструктуры наполнителя в эластомерном композите на основе карт механических свойств

Беляев А.Ю.[1,2], Морозов И.А.[1,2], Фрейберг МА.[1,2]
Научный руководитель – д.ф.-м.н. Свистков А.Л.
[1]ИМСС УрО РАН, лаб. Микромеханики структурно-неоднородных сред
[2]ПГНИУ, каф. МССиВТ
Freyberg.m@icmm.ru

В работе представлены результаты исследования бутадиен-стирольного каучука, наполненного наношунгитом. Шунгит обладает рядом особенностей, связанных со своим строением, что придает ему такие физические свойства как высокая плотность (1.9-2.4 г/см^3), химическая стойкость и электропроводность. Способность измельченного шунгита смешиваться с веществами, и его физико-химические свойства позволяют его считать одним из перспективных наполнителей.

Объект исследования – синтетический каучук SBR-1500 с наночастицами шунгита. Эксперименты проводились на атомно-силовом микроскопе (АСМ) “Dimension Icon” в полуконтактном режиме (tapping mode) и в режиме наномеханического картирования (Peak Force). Полуконтактный режим позволяет получить карту высот и разность фаз. Peak force кроме рельефа поверхности позволяет получить следующие карты: адгезии – сцепление поверхности зонда с поверхностью образца, карта деформации – глубина индентирования, карта диссипации – диссипация энергии, карта жесткости – модуль упругости по модели ДМТ (модель Derjagin, Muller, Toropov).

Как показали исследования, карты механических свойств дают более четкую картину микроструктуры в сравнении с изображениями, полученными в полуконтактном режиме. С каждого материала получено несколько изображений размером 15х15 и 30х30 мкм разрешением 1024х1024 точки в плоскости *xy*. Изображения меньшего размера использовали при анализе геометрии наполнителя; большего – для изучения взаиморасположения включений. Путем обработки карты адгезии получены распределение характерных размеров фрагментов наполнителя, массовый вклад включений каждого размера, зависимость площади включений от периметра. Между площадями фрагментов и их периметрами присутствует фрактальная связь.

Для материала проведены макроскопические испытания: одноосное растяжение на разрыв и динамо-механический анализ. Эти исследования показали, что наношунгит резко увеличивает жесткость материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-08-00756, проект № 17-08-01118, проект № 15-08-03881).

Математическое моделирование процесса многозубой обработки на примере процесса прошивания

Бикбулатов А.В., Тюляева Е.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Бекаев А.А.
Московский политехнический институт, каф. ТиОМ
bekaev@list.ru

В настоящее время, одной из актуальнейших задач современного машиностроения является получение изделий с высоким качеством и точностью обработанной поверхности, в том числе, в условиях, осложненных процессом прерывистого резания.

В представленной работе выполнены теоретико-экспериментальные исследования по установлению механизма взаимосвязанного влияния динамических факторов (периодическая ударная нагрузка, погрешность «технологического наследования», непостоянство скорости движения привода и проч.), возникающих при многозубой обработке и обуславливающих нестабильность процесса резания, на получаемые параметры качества обрабатываемой поверхности детали.

В качестве процесса многозубого резания рассмотрен технологический процесс прошивания, выбор которого, обусловлен не только высокими показателями по производительности, качеству и точности обработки, но и возможностью получения таких поверхностей в отверстии детали (шлицевые и шпоночные пазы, РК-профили и др.), образование которых какими-либо другими способами обработки или сильно затруднено или вообще невозможно.

Исследования проводились на основании разработанной математической модели процесса формообразования при прошивании, где рассматривалось поведение режущих зубьев многолезвийного инструмента внутри обрабатываемого отверстия под действием динамических сил, сопровождающих процесс неустойчивого резания.

Экспериментальная проверка разработанной математической модели процесса прошивания на адекватность натуре выполнялась на соответствующем лабораторном оборудовании кафедры «Технологии и оборудование машиностроения» Московского Политехнического Университета («Московский Политех») с использованием стандартных методов математической обработки данных.

На основании полученных результатов исследований разработаны рекомендации по усовершенствованию традиционных конструкции прошивок (протяжек), модернизации привода технологического оборудования, ужесточения требований к качеству заготовок и др., позволяющие значительно снизить негативное воздействие рассмотренных факторов.

Таким образом, основными областями применения полученных результатов являются конструкторско-технологическая подготовка производства на предприятиях машиностроения (для эффективных условий эксплуатации инструмента и оборудования) и учебно-образовательный процесс (формирование курсов лекций, практических и лабораторных занятий, написание магистерских, кандидатских и докторских диссертаций).

Инновации 3-D печати в разработке сложных механизмов

Блонцева Ю.А.
Научный руководитель – Харитоненков А.И.
МАИ, каф. СМиИГ
JB433@ya.ru

Первое упоминание о аддитивной печати появилось ближе к концу прошлого века. И в это же время возникла одна из методик ускоренного создания прототипов – стереолитография, в этой технологии нашел применение фотополимерный пластик. Технология заключается в облучении жидкой фотополимерной субстанции при помощи лазера, таким образом строятся объемные физические модели. Создание моделей носит послойный характер. Лазер вычерчивает каждый слой опираясь на данные, соответствующие трехмерной цифровой модели. При попадании лазерного луча на

материал происходит полимеризация в местах соприкосновения. Луч лазера, таким образом, попиксельно «прорисовывает» заданный объект, в результате чего из жидкого вещества создается твердотельная модель заданного объекта.

В данное время технология аддитивной 3D печати приобретает огромную промышленную значимость и находит применение в разработке сложных механизмов. Одной из областей применения является самолетостроение. Также есть данные о разработке ракетных двигателей по этой технологии компанией «Aerojet Rocketdyne», двигатель выдержал все необходимые испытания. Еще одной практически значимой областью применения 3-D печати является строительство. В этой области также был совершен прорыв китайской компанией «WinSun» - создание до 10 домов в сутки. Материалом для изготовления в данной технологии служит специализированный бетон. Помимо экономии времени, экономятся и средства, затрачиваемые на строительство. Также весомым преимуществом является отсутствие строительного мусора при производстве. Одной из самых важных, на мой взгляд, областей применения технологии может быть медицина. Уже сейчас 3D принтер оказывает огромную помощь в создании имплантов, протезов и ортодонтических конструкций. Наибольшее распространение он нашла в стоматологии. В других областях медицины исследуется возможность широкого применение данной технологии вплоть до создания человеческих органов. Вдобавок ко всему вышесказанному можно обратить внимание на гастрономическую отрасль. В данной области 3D печать используют в основном для сохранения фруктов и овощей, помимо этого технология используется для украшения и декорирования блюд. Большой инновационный прорыв совершили и в сфере робототехники, создали множество роботов, которые могут не только передвигаться, но еще и самообучаться в процессе эксплуатации.

В итоге за достаточно небольшой период времени 3-D принтеры из, казалось бы, недостижимых и дорогостоящих превращаются в необходимые и экономически выгодные, они находят применение в различных областях, в том числе и в быту. Не за горами те времена, когда 3-D принтер будет необходим не только в производстве, но и в каждом доме. Интерес к 3D технологии возрастает, хочется верить, что уже в ближайшем будущем нас ждут новые решения и инновации в этой области, способные начать новый этап в технологическом развитии общества.

Отслоение покрытия при термическом нагружении

Буртасова М.В.
Научный руководитель – доцент, д.ф.-м.н. Устинов К.Б.
МАИ, каф. ИФ, ИПМех РАН
marina-burtasova@mail.ru

С покрытиями встречаются в микро- и наноэлектронике, машиностроении, в том числе в авиации, и других областях. Главной целью нанесения покрытия является стремление повысить долговечность деталей и узлов различных механизмов и машин. Покрытия призваны, в первую очередь, предохранять основную конструкцию от механических разрушений при дополнительном влиянии таких факторов, как: температура, коррозия, эрозия, давление и другие. Однако при этом они сами в большей степени подвержены действию механических напряжений, температуры, агрессивной среды, и поэтому склонны к разрушению. Одной из форм разрушения покрытий является их отслоение от основания. Создание условий, обеспечивающих надежную работу покрытия без образования отслоений, а также диагностика образовавшихся отслоений, являются важными задачами, для решения которых необходимо применять, в том числе, математическое моделирование.

Из-за разности геометрических параметров отслоений их удобно моделировать двумерными или одномерными объектами - балками или пластинами. При этом отслоившийся слой рассматривают как защемленную по краям пластину. Отрыв пластины (балки) от основания в области закрепления аналогичен развитию трещины нормального отрыва или сдвига по границе слоя. В таком случае, обычно считают, что граничные условия для моделирующей отслоение пластины соответствуют жесткой заделке. Но при

внимательном изучении данного вопроса можно увидеть, что условия жесткой заделки не выполняются даже для абсолютно жестких подложек. Более реалистичное описание дает использование граничных условий в виде упругой заделки – пропорциональности угла поворота в точке закрепления действующему моменту.

В данной работе граничные условия приняты как условия обобщенной упругой заделки. При таких условиях величины производной прогиба и тангенциального и нормального смещения в точке заделки можно считать пропорциональными изгибающему моменту и продольный и поперечной силам, которые действуют в точке заделки. Связь кинематических и силовых параметров при этом осуществляется с помощью матрицы (3x3) коэффициентов податливости. Подобные граничные условия не рассматриваются в элементарных задачах.

Коэффициенты упругой заделки (компоненты матрицы податливости) невозможно найти из элементарных задач сопротивления материалов; для их определения необходимо использовать численные либо аналитические методы для решения полных (нередуцированных до балочных и пластиночных) задач теории упругости. В настоящей работе данные коэффициенты получены методом конечных элементов. Проведено сравнение с аналитическими результатами, для которых решение доступно.

Полученные данные использованы для рассмотрения задач по оценке влияния кривизны и податливости основания на параметры отслоения покрытия. В качестве примера рассмотрено отслоение от цилиндрической поверхности. Составлена программа для решения подобных задач с использованием полученных численных данных. Рассчитаны параметры отслоения покрытия и проведен параметрический анализ.

Разработка методики решения обратных задач осесимметричного упругопластического деформирования диска с отверстием

Бухалов В.И.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Попов А.Л.
МАИ, каф. ИФ, ИПМех РАН
vlad.buhalov@yandex.ru

При использовании метода отверстия для оценки высоких остаточных напряжений в металлическом образце в окрестности отверстия могут возникнуть пластические деформации, так как из-за концентрации напряжений возникают локальные напряжения, достигающие предела текучести. Сохранение при этом предположения о линейно-упругом поведении материала, на котором базируется метод отверстия [1-3], может привести к существенным ошибкам в расчётах остаточных напряжений.

В докладе отражены теоретические и экспериментальные исследования по разработке методики решения обратных задач осесимметричного упруго-пластического деформирования диска с отверстием, являющихся тестовыми задачами для распространения метода отверстия на упругопластическую область. Рассмотрена задача Ляме в упругой и упруго-пластической постановках. Для осесимметричной задачи получены зависимости положения круговой упруго-пластической границы от величины внешнего контурного давления и отношения радиусов кольца. Получено также выражение для нормальной к поверхности кольца компоненты упруго-пластического перемещения, позволяющее определить цену интерференционной полосы при регистрации этой компоненты методом электронной спекл-интерферометрии.

Рассмотрена подготовка образцов и проведение эксперимента по проверке упруго-пластической модели. Выполнен расчёт натяга и погрешности контактного давления в образцах, полученных горячей посадкой круглых вкладышей в кольца из стали. Описана технология сборки образцов. Приведены результаты экспериментов по спекл-интерферометрической регистрации линий уровня нормальных микроперемещений в окрестностях высверливаемых отверстий. В случае несквозного отверстия показана возможность приближённой аналитической оценки исходных осесимметричных напряжений для диапазона нагружений, вызывающих чисто упругие деформации, на

основе модели осесимметричного изгиба кольцевой пластины моментом, пропорциональным исходному напряжению.

1. Чернышев Г.Н., Попов А.Л., Козинцев В.М. и др. Остаточные напряжения в деформируемых твёрдых телах. М.: Физматлит, 1996. – 240 с.

2. Контроль остаточных технологических напряжений методом лазерной интерферометрии. ГОСТ Р52891 2007.

3. Standard Test Method for determining residual stresses by the hole-drilling strain-gage method. ASTM E837-13 2013.

Экспериментальная методика определения технологических искажений в телах сложной формы, создаваемых методом стереолитографии

Бычков П.С., Корчак Е.С.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Манжиров А.В.
ИПМех РАН, лаб. моделирования в МДТТ
bychkov@ipmnet.ru

Развита экспериментальная методика определения технологических искажений изделий, получаемых методом стериолитографической 3D печати. Для определения искажений создаваемого 3D объекта, вызванных технологической усадкой полимера при его затвердевании, использован метод голографической интерферометрии. Исследования искажений проводили на объектах трех классов: трехмерных телах без мелкомасштабной детализации (пример - куб), тонкостенных телах (пример - полый куб с тонкими стенками) и телах с фрактальной структурой (пример - конечная итерация губки Менгера).

3D стереолитография теоретически позволяет изготавливать детали сколь угодно сложной геометрической формы, однако техническая реализация этого процесса сопряжена с технологическими проблемами, существенно снижающими качество, точность и повторяемость изделий.

Одна из таких проблем - искажения финальной формы, вызванные усадкой при затвердевании материала. При изготовлении тонкостенных деталей эти искажения могут существенно превосходить заданную точность. Один из способов уменьшения искажений - их компенсация начальными искажениями, учитываемыми в проекте.

Для изготовления геометрически правильного тела, например, куба, следует передать в технологическую машину цифровую модель тела сложной формы, такую, что её отличия от куба компенсировались бы искажениями, возникающими при затвердевании в ходе процесса. Компенсирующие искажения могут быть определены из решения обратной задачи механики растущих тел, но для формулировки этой задачи необходимо иметь экспериментальные данные о характере искажений слоистой структуры, получаемой в ходе технологического процесса. В работе предложена соответствующая экспериментальная методика.

В рамках предлагаемой методики экспериментальное определение поля перемещений поверхности создаваемого тела осуществляется методом голографической интерферометрии. Измерения проводятся в ходе процесса финальной полимеризации. Используется схема Лейта-Упатниекса в режиме реального времени, что позволяет получить динамическую картину для полос вторичной интерференции и по ним восстановить процесс эволюции искажений границы тела.

В качестве изучаемых объектов использовались сплошной куб (простое трехмерное тело), полый куб с тонкими стенками (тонкостенный объект) и четвертая итерация фрактального тела - губка Менгера (объект сложной формы). Эти объекты изготавливались на 3D принтере из фотополимера. После послойного нанесения и первичного затвердевания полимера созданные объекты закреплялись на виброизолированном оптическом столе на шероховатой поверхности, запрещающей перемещение нижней части границы, после чего проводилась экспозиция, фиксирующая отчетную конфигурацию. Далее воспроизводился технологический процесс финальной полимеризации (воздействие ультрафиолетового излучениения) и на CCD камеру фиксировалась эволюция полос вторичной интерференции, характеризующей эволюцию

искажений поверхности тела. Наибольшие искажения наблюдаются у полого куба (представителя класса тонкостенных тел).

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 17-19-01257.

Структурные преобразования в материале при нестационарном воздействии

Вавилов Д.С.
научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Мещеряков Ю.И.
ИПМаш РАН, лаб. физики разрушения
londr@yandex.ru

Современный уровень развития промышленности ставит перед механикой сплошных сред задачу расчёта прочности и прогнозирования поведения материалов при кратковременных интенсивных воздействиях, которое может существенным образом отличаться от его работы в условиях статического нагружения. Одной из важных задач в данной области является описание структурных преобразований материала, связанное с изменениями в его кристаллической решётке и происходящее за чрезвычайно малые времена, не превышающие несколько микросекунд. Интерес к данной проблеме обусловлен интенсивным развитием экспериментальных методик в области высокоскоростного деформирования при ударно-волновых процессах. В результате проведения экспериментов по динамическому деформированию обнаружено, что в определённом диапазоне скоростей ударника происходят потери энергии, связанные с перестройкой кристаллической решётки. С целью описания экспериментальных результатов рассматривается двухкомпонентная модель материала с нелинейной силой взаимодействия между компонентами, обеспечивающей несколько устойчивых равновесных состояний. Измеряемым макропараметром считается движение их центра масс, а их относительное движение выполняет роль внутренней степени свободы, динамика которой связана со структурными преобразованиями. Основная цель заключается в изучении механизма передачи энергии с макро на микроуровень и определении условий, при которых происходит данный процесс. В рамках предложенной модели решается динамическая задача о распространении короткого прямоугольного импульса в среде, состоящей из двух кристаллических решёток с близкими физическими свойствами. Методика исследования основана на континуально-дискретной аналогии между уравнениями сплошной среды и уравнениями движения элемента из её структурно-реологической модели. Указанная аналогия позволяет выполнить оценку длительности процесса структурных преобразований, что является важной задачей, как для проведения эксперимента, так и для выполнения численного расчёта. В результате продемонстрирован эффект уменьшения первоначальной амплитуды импульса за счёт перехода энергии от центра масс на относительное смещение компонент, который был отмечен в экспериментах по ударно-волновому нагружению материалов. Также в работе показана связь параметров материала с характеристиками вешнего воздействия. В частности, установлено, что передача энергия на внутренние степени свободы возможна только в том случае, если длительность импульса не превышает величину обратно пропорциональную характерной частоте сплошной среды. Данные выводы, сделанные на основании аналитических формул, сопоставляются с численным расчётом, выполненным методом конечных разностей. Полученные результаты могут иметь важное значение при разработке энергопоглощающих материалов, обеспечивающих защитную функцию при ударном воздействии.

Исследование предельных возможностей деформирования при вытяжке ступенчатых деталей

Вилимок Я.А., Петрухин Н.В., Иванов А.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ларин С.Н.
ТулГУ, каф. МПФ
vilimokya@yahoo.com

Возможность изготовления вытяжкой ступенчатых деталей различной конфигурации представляет большой интерес для различных отраслей, в том числе и авиационной, где, в связи с постоянным расширением номенклатуры выпускаемых изделий, необходимо совершенствование технологий производства и процессов интеграции.

На изготовление вытяжкой осесимметричных ступенчатых деталей из листовых материалов влияет множество технологических параметров, из которых к основным можно отнести геометрию инструмента, а именно, различные радиуса пуансона и матрицы, геометрию получаемой детали, коэффициент трения на контактных поверхностях, тип материала, толщину материала, силу давления прижима. В геометрию детали входят: количество ступеней, относительная высота ступеней, относительный диаметр ступеней, габаритные размеры, а также угол наклона стенок ступеней.

Поставлена и реализована задача выполнить теоретические исследования влияния данных технологических параметров на распределение напряжений и деформаций, а также на предельную высоту двухступенчатых деталей различных конфигураций и габаритов.

Исследования операции вытяжки проведены для деталей из алюминиевого сплава А5М и стали 12Х18Н10Т.

Габариты рассматривались в следующих диапазонах: диаметр меньшей ступени 4 … 20 мм, диаметр большей ступени 6 … 30 мм, относительная высота ступеней 0,5 … 1, радиуса закругления 0,3 … 0,8 мм; толщина материала 0,3 … 0,5 мм.

Моделирование выполнено с помощью метода конечных элементов, который позволяет детально рассмотреть процесс деформации металла, тем самым повысив эффективность теоретического анализа. Деталь вытягивалась на предельную высоту до обрыва. Разрушение оценивалось визуально.

Большой практический интерес представляет изучение характера распределения деформаций и напряжений в полученной детали. По их распределению можно судить о характере дефектообразования для деталей различных геометрий и прогнозировать зоны разрушения материала.

В результате проведенного моделирования изготовления двухступенчатых деталей из листовых материалов установлены характеры зависимостей предельных высот от различных технологических и геометрических параметров, с помощью проведенного корреляционно - регрессинного анализа выявлены наиболее и наименее значимые из них, также определены очаги дефектообразования для различных габаритов и геометрий конечных изделий.

Сопоставление масштабные эффектов при чистом изгибе балки в теории упругости с микродилатацией и теории Аэро-Кувшинского

Волков А.В.
Научные руководители – профессор, д.т.н. Лурье С.А., к.ф.-м.н. Соляев Ю.О.
ИПРИМ РАН
volkov.9291@mail.ru

Рассмотрены численные и аналитические решения задач чистого изгиба балки в модели теории пористых сред и в градиентной постановке теории с использованием гипотезы Аэро-Кувшинского. Проводится исследование характера масштабных эффектов, возникающих в этих задачах, в частности, исследуется изменение эффективного изгибного модуля упругости балки при изменении её толщины.

Линейная теория упругости с микродилатацией является частным случаем линейной теории упругости сред с микроструктурой Миндлина. В этом случае в среде присутствуют только свободные деформации изменения объёма. Кинематические соотношения для среды усложняются. Возникают неклассические напряжения, связанные с введенной дополнительной кинематической переменной модели и её градиентом. Помимо модуля Юнга и коэффициента Пуассона вводятся три дополнительные материальные константы.

Физический смысл свободной дилатации связан с изменением объёмного содержания пористости. Там где материал растянут, увеличивается объёмное содержание пористости. В сжатой области пористость закрывается.

При введении гипотезы Аэро-Кувшинского вместо трех материальный констант в модели возникает единственный масштабный параметр. Определяющие соотношения модели формулируются для классического тензора напряжений и неклассического вектора напряжений.

Для решения задачи чистого изгиба вводятся кинематические и физические соотношения теории упругости с микродилатацией и теории Аэро-Кувшинского, вводятся необходимые граничные условия. Исследуется постановка задачи в напряжениях. Балка призматической формы изгибается моментами, приложенными на её концах. Все поверхности балки, кроме торцов, свободны от внешней нагрузки. Все боковые поверхности балки остаются плоскими. Балка закреплена в начале координат.

Аналитическое решение задачи строиться полуобратным методом Сен-Венана. Перемещения задаются в виде функций от координат. Константы в функциях находятся из граничных условий. Далее находятся деформации и неклассические напряжение. Из уравнений равновесия находиться общее решение, учитывая требования симметрии. Общее решение подставляется в граничные условия на верхней и нижней поверхностях балки. Из рассмотрения граничных условий на торцах и боковых поверхностях балки определяются неизвестные константы в функции перемещений. Показано, что при стремлении неклассического модуля l к нулю, выражение для прогибов стремиться к решению задачи чистого изгиба в классической линейной теории упругости.

Показано, что, сопоставляя прогибы пористой и классической балок, можно найти эффективное значение модуля упругости для задачи чистого изгиба. Для разных размеров поперечного сечения будем иметь разные эффективные модули упругости.

Численное решение строится методом конечных элементов в программе FlexPDE. Используются элементы второго порядка. Проводиться сравнение результатов численного и аналитического решений.

Многофакторное экспериментальное исследование высадки центрирующих утолщений на деталях катушечной формы

Волков В.А
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Панфилов Г.В.
ТулГУ, каф. МПФ
24volkov95@mail.ru

Для проведения многофакторного планируемого эксперимента по установлению закономерностей влияния геометрических размеров инструмента на размеры получаемого переднего центрирующего утолщения в процессе высадки с прошивкой, спроектировано экспериментальное устройство в котором сплошная цилиндрическая заготовка , проталкиваемая пуансоном через неподвижный контейнер , при выходе из него встречает неподвижный прошивной пуансон сложной геометрической формы. В качестве выходных параметров, оценивающих геометрию формообразуемого переднего центрирующего утолщения, приняты: максимальный диаметр внутренней полости, высота внутреннего выступающего участка, угол конусности в радианах.

В соответствии с номенклатурой получаемых изделий, в качестве основных факторов процесса были приняты следующие безразмерные величины: радиус выступа прошивного пуансона; угол наклона внешней образующей прошивного пуансона к

вертикали в радианах; зазор между торцевой плоскостью прошивного пуансона и внутренней плоскостью контейнера, за которой течение материала в радиальном направлении не ограничено; величина хода пуансона.

Из множества используемых планов эксперимента для полинома второго порядка был выбран несимметричный трехуровневый квази-D-оптимальный план на кубе.

Качественный анализ полученных результатов показывает идентичность влияния всех факторов на максимальный и минимальный диаметры переднего центрирующего утолщения. Наибольшее влияние на величину этих параметров оказывает изменение зазора, с увеличением которого значения диаметра максимального и минимального диаметра уменьшаются, а изменение радиуса выступа прошивного пуансона на них практически не влияют. На величину параметра – угол конусности переднего центрирующего утолщения, как следует из анализа уравнения, незначительное влияние оказывают радиус прошивного пуансона и ход пуансона, а с увеличением зазора и угла прошивного пуансона, величина угла конусности значительно возрастает.

Полученные результаты обеспечивают возможность разработки технологии изготовления переднего центрирующего утолщения операцией высадки с прошивкой. Также по уравнению регрессии вычисляется необходимая для проведения штамповки технологическая сила, которая совместно с габаритами штампующего устройства, необходимой производительностью и т.д. используется для выбора прессового оборудования.

Конечно-элементное моделирование микроструктуры композиционного материала Al+2,38%Cu+0,06%SiC

Воронин С.В.[1], Ледяев М.Е.[1], Лобода П.С.[2]
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Юшин В.Д.
[1] Самарский университет, каф. ТМиАМ
[2] СамГТУ, каф. МПМН
sillmarllion@mail.ru

При создании новых литых композиционных материалов путем введения нанопорошковых псевдолигатур необходимо оценивать влияние распределения упрочняющих фаз на механические свойства и напряженно-деформированное состояние получаемого материала. Для оценки вышеприведенных параметров целесообразно использовать методики конечно-элементного моделирования.

Конечно-элементная модель композита Al+2,38%Cu+0,06%SiC с учетом микроструктуры позволяет оценить поведение материала в процессе деформации, напряженное состояния, а, следовательно, и физико-механические свойства вновь получаемого материала.

С помощью электронного растрового сканирующего микроскопа TESCAN Vega SB получено растровое изображение микроструктуры материала. Обработка изображения микроструктуры исследуемого материала выполнялась с помощью программы Image Expert Pro 3.0. При помощи данного программного продукта происходила бинаризация и «очистка» изображения микроструктуры от царапин полировки, остатков абразивного материала, других дефектов и составляющих, которые не учитывались при создании конечно-элементной модели.

Полученное изображение импортировалось в программный пакет CorelDraw. Средствами различных графических фильтров и конвертеров растровое изображение микроструктуры исследуемого материала конвертировалось в векторное изображение. Т.о. четкие границы фаз, видимые на микроструктуре белыми включениями, конвертировались в геометрические векторные линии.

После применения конвертера, полученное векторное изображение микроструктуры исследуемого материала импортировалось в программу конечно-элементного анализа MSC.Marc. Конечно-элементная модель композиционного материала Al+2,38%Cu+0,06%SiC строилась в двухмерной постановке. В процессе разбиения

векторного изображения микроструктуры на конечные элементы задавались границы разбиения и механические свойства отдельных фаз.

Растяжение является наиболее распространенным видом деформации, поэтому процесс деформации конечно-элементной модели материала Al+2,38%Cu+0,06%SiC изучался при растяжении в пластической области. К конечно-элементной модели исследуемого материала, с линейными размерами 309x309x10 мкм, прикладывались одноосные растягивающие усилия, вызывающие напряжения величиной 50 МПа – для исследования материала при пластических деформациях.

В результате проведенного конечно-элементного анализа получена эпюра распределения напряжений и деформаций. При анализе эпюры напряженно-деформированного состояния конечно-элементной модели композиционного материала Al+2,38%Cu+0,06%SiC выявлены поля повышенных напряжений, обусловленные скоплением медных фаз. Данные поля оказывают существенное влияние на величину напряжений, возникающих на границе зерен α-твердого раствора, что позволяет сделать вывод о том, что данные зоны являются потенциальными очагами зарождения трещины и следовательно разрушения материала.

Компьютерное и физическое моделирование твердофазного соединения сплавов ВКНА-25 и ЭП975 с крупнозернистой структурой

Галиева Э.В., Ахунова А.Х.
Научный руководитель – с.н.с., д.т.н. Лутфуллин Р.Я.
ИПСМ РАН
Galieva_elvina_v@mail.ru

Проведенное исследование направлено на решение фундаментальной проблемы твердофазной свариваемости разнородных материалов в условиях сверхпластичности (СП), позволяющей получать качественное твердофазное соединение (ТФС) в биметаллических деталях из гетерофазных жаропрочных никелевых сплавов и интерметаллидных сплавов на основе никеля, что актуально для современного авиационного двигателестроения.

В работе исследован процесс твердофазной сварки литого сплава ВКНА-25 и крупнозернистого (КЗ) сплава ЭП975 через промежуточную прослойку из ультрамелкозернистого (УМЗ) сплава ЭП975, проявляющей сверхпластичность (СП).

По результатам моделирования выявлено, что напряженно-деформированнное состояние в зоне соединения интерметаллидного сплава ВКНА-25 с КЗ сплавом ЭП975 через УМЗ прослойку во многом аналогично модели сварки образцов: интерметаллидный сплав ВКНА-25+ЭП975 (УМЗ), приведенной в работах [1, 2]. Поведение СП прослойки подобно поведению УМЗ заготовки. Деформируется прослойка, уровень напряжений в прослойке при деформации соответствует уровню напряжения течения данного материала в условиях СП. Виртуально показано, что деформации подвергаются преимущественно периферийные зоны вблизи боковой поверхности свариваемых образцов, в которых обнаруживаются максимальные значения пластической деформации. Что подтверждается результатами физического моделирования, которым показано, что деформации подвергается только прослойка из УМЗ сплава ЭП975. Как показали эксперименты, на периферии ТФС относительная протяженность пор несколько ниже, чем в центральной части. При этом в процессе СП деформации в зоне ТФС ВКНА-25+ЭП975 возникает диффузионная зона, ширина которой в зависимости от структуры и достигает 15 мкм. Протекает диффузия хрома и кобальта из высоколегированного никелевого сплава ЭП975 в монокристаллический, а никеля - в обратном направлении. В области ТФС ЭП975(КЗ)+ЭП975 диффузионной зоны не наблюдается. В прослойке из никелевого сплава ЭП975 сохранилась мелкозернистая структура, в другом образце из сплава ЭП975 структура остается крупнозернистой. Механические свойства определяли по результатам оценки микротвердости. Установлено, что значение микротвердости в зоне ТФС соответствует промежуточному между соединяемыми материалами. Это свидетельствует

о монотонном изменении свойств при переходе от одного материала к другому в условиях отсутствия выделений фаз, способствующих охрупчиванию соединения.

Таким образом, полученные результаты компьютерного и экспериментального моделирования позволили осуществить анализ качества формируемого ТФС, без которого было бы невозможно успешное получение неразъемного ТФС сплава ВКНА-25 с КЗ сплавом ЭП975 за счет использования прослойки из УМЗ сплава ЭП975.

1. Ахунова А.Х., Галиева Э.В., Дроздов А.А., Аргинбаева Э.Г., Дмитриев С.В., Лутфуллин Р.Я. Роль сдвиговой компоненты деформации при сварке давлением образцов из разнородных литых и деформируемых сплавов на основе никеля // Письма о материалах 6(3) 2016, 210-215.

2. Галиева Э.В., Лутфуллин Р.Я., Валитов В.А., Мухаметрахимов М.Х., Ахунова А.Х., Дмитриев С.В., Жигалова М.Ю. Сварка давлением разнородных жаропрочных никелевых сплавов в условиях сверхпластичности // Российская научно-техническая конференция «Мавлютовские чтения», 2016. Т. 7. С. 20-24.

Описание формирования межзеренных границ в результате процесса двусторонней кристаллизации методом молекулярной динамики

Герасимов Р.М.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Волегов П.С.
ПНИПУ, каф. ММСП
romagrizly@gmail.com

Разработка и внедрение новых технологий изготовления материалов и конструкций из металлов и их сплавов порождает ряд технологических задач, для решения которых в последние годы широко используются приемы математического моделирования. Это позволяет заметно уменьшить расходы на прямые экспериментальные исследования материалов, а также оценивать физико-механические свойства, получить которые из натурных экспериментов невозможно (например, при разработке технологий получения новых материалов, в т.ч. функциональных).

Важнейшим свойством поликристаллов является механическая прочность, которая определяется особенностями внутренней структуры. Но если атомарная структура большинства дефектах в кристаллах изучена достаточно хорошо, то структура межзеренных границ и механизмы их перестройки в процессе пластической деформации и при разрушении остаются неясными, что определяет актуальность разработки математических моделей формирования структуры межзеренных границ, а также алгоритмов для выделения и анализа границ, а также свойств этих границ.

В ходе работы построена математическая модель, описывающая формирование межзеренных границ в результате процесса двусторонней кристаллизации методом молекулярной динамики. В качестве определяющего соотношения выступает потенциал межатомного взаимодействия, построенный с помощью метода погруженного атома (EAM), который в отличие от классических парных потенциалов учитывает не только энергию взаимодействия атомов друг с другом, но и энергию взаимодействия атомов с электронными оболочками соседних атомов. Используемый потенциал предложен в работе [Belashchenko D.K., 2012] для технически чистой меди и удовлетворяет экспериментальным данным для жидкой и кристаллической фазы материала.

В начальной конфигурации рассматриваются два кристаллизовавшихся соседних зерна с заданными углами разориентировки кристаллических решеток, между которыми находится расплав, имеющий аморфную структуру. Начальные скорости заданы в соответствии с распределением Максвелла. Решена задача поиска равновесного конфигурации системы для устранения больших градиентов температуры. Отвод энергии осуществлялся с поверхности кристаллизировавшейся части расчетной области с помощью краевых условий третьего рода, коэффициент теплоотдачи определялся согласно критерию Нуссельта.

Для анализа полученных данных использовались оценка функции радиального распределения, оценка потенциальной энергии для начальной и конечной конфигурации,

параметр центральной симметрии, позволяющий выделить атомы вблизи точечных, поверхностных дефектов и вблизи дефектов упаковки. При помощи параметра центральной симметрии построена динамика изменения дефектной структуры расчетной области в ходе процесса кристаллизации. Примененные методы анализа позволили утверждать, что в ходе процесса кристаллизации дефектная структура приграничной области значительно меняется. В начальной конфигурации системы наблюдается преобладание планарных дефектов и дефектов упаковки, в отличие от конечной конфигурации, в которой преобладают точечные дефекты. Энергия приграничной области в ходе кристаллизации заметно уменьшается, при этом несколько увеличивается энергия соседних зерен, что связано с образованием новых дефектов в результате роста кристалла.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ №МК-1298.2017.1.

Исследование ОЦК- и ГПУ-фаз циркония методом атомистического моделирования

Гордеев И.С.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Стариков С.В.
ОИВТ РАН
МФТИ
gordeevilu@gmail.com

Цирконий является важными конструкционным материалом. Однако его фазовая диаграмма до сих пор полностью не изучена. В данной работе проводятся результаты исследования ОЦК- и ГПУ- фаз циркония методом молекулярной динамики для различных потенциалов в широком интервале давлений и температур.

Кривая плавления ОЦК-фазы получена методом прямого двухфазного моделирования. В расчетной ячейке создается кристаллическая структура ОЦК-фазы и расплав, далее по перемещению границы раздела фаз делается вывод о стабильности той или иной фаз.

Кроме того в работе представлена рассчитанная область стабильности ОЦК-фазы. Оценка стабильности ОЦК-фазы получена на основе ее времени жизни при различных давлениях и температурах. Граница между ОЦК- и ГПУ- фазами определена на основании расчета производных из уравнения Клапейрона- Клаузиуса начиная от точки с параметром P = 0 ГПа. Данная точка получена также методом прямого двухфазного моделирования, но в данном случае в расчетной ячейке созданы ОЦК- и ГПУ- фазы, в определенном расположении относительно друг друга. Такое расположение решеток друг относительно друга обусловлено путем перестроения решеток из ОЦК в ГПУ и наоборот. С другой стороны, проверена достоверность нахождения этой точки через оценку стабильности фаз с учетом макроскопических дефектов, таких как открытая поверхность. Предварительно в ячейке создается ОЦК- или ГПУ- фаза, а затем часть атомов удаляется, таким образом, создается открытая поверхность, влияющая на стабильность структуры.

Дополнительно в работе выполнен расчет коэффициента теплового расширения ОЦК- и ГПУ-решеток. Для проверки истинности полученных результатов в работе проведено сопоставление результатов с экспериментальными данными.

Усиление эластомерных композитов модифицированным микродисперсным шунгитом

Гуськов Д.В.Корнев Ю.В., Семёнов П.Е.
ИПРИМ РАН
pavelsemenov401@gmail.com; yurikornev13@gmail.com

Сегодня эластомерные композиты являются одними из самых перспективных материалов. Они обладают высокой прочностью, повышенной износостойкостью. Основной вклад, определяющий конечные свойства эластомерных композитов, вносят упрочняющие наполнители. В наших исследованиях предлагается применять шунгит.

Шунгит – это горная порода докембрийской эры, возникшая около 540 миллионов лет назад. Он образован из донных органических отложений пресных водоемов,

представлявших собой коллоидные взвеси. Первые упоминания о шунгите появились в 1792 году, в республике Карелия.

Шунгит, в основном, состоит из коллоидной кремнекислоты (примерно 60%), углерода (примерно 25-35 %) и, в небольшом количестве, имеет примеси FeS, Al_2O_3, ZnO, FeO и др. В виду своего состава, шунгит подходит в качестве упрочняющего наполнителя в эластомерные композиты.

В настоящей работе удалось получить технологию модификации шунгита – окисления. Микродисперсный шунгит смешивали с перманганатом калия, бихроматом калия и нитратом калия и помещали в сильнокислую среду (H_2SO_4). По окончании окисления смесь отфильтровывали, промывали дистиллированной водой и доокисляли перекисью водорода. Далее сухой остаток, получившийся в ходе фильтрования, высушивали над прокаленным хлоридом кальция в термостате, а затем при нормальных условиях.

После окисления поверхности шунгита предложенным методом отмечается существенное уменьшение pH его водной суспензии с 5,4 до 3,5. Предполагается, что в ходе процесса окисления шунгита на его поверхности образуются новые функциональные кислородосодержащие группы, которые в перспективе должны способствовать повышению эффективности применяемых модификаторов поверхности, и, в конечном итоге, улучшить взаимодействие наполнителя с эластомерной матрицей.

Предложенный метод окисления шунгита оказывает заметное влияние на комплекс свойств эластомерных композитов. Отмечается замедление скорости вулканизации, некоторое уменьшение максимального крутящего момента при определении кинетики вулканизации. Для эластомерных композитов отмечается некоторое увеличение модуля упругости, увеличение относительного удлинения при разрыве. При этом прочность остается на уровне исходных образцов, где шунгит применялся без окисления поверхности.

Постановка нестационарной задачи термоупругости с учетом диффузии для многокомпонентных сред

Давыдов С.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Земсков А.В.
МАИ, каф. 311
xenon_93@inbox.ru

Существует ряд подходов к созданию математических моделей механики сплошных сред. Одним из перспективных направлений, дающих возможность наиболее точно аналитически описать поведение среды, является моделирование связанных полей различной природы, примером которого является модель термоупругости с учётом диффузии. Она позволяет описать взаимодействие поля перемещений и температурного поля с учётом изменения концентрации в деформируемом твёрдом теле. Большинство имеющихся моделей термоупругости с учётом диффузии представлены в стационарной или квазистационарной постановке. Для решения этих задач используются в основном численные алгоритмы, однако для описания реальных и сложных процессов требуется нестационарная аналитическая модель.

В работе рассматривается одномерная нестационарная задача термоупругости с учетом массопереноса для однородной многокомпонентной среды (слой или полупространство). Математическая постановка задачи в прямоугольной декартовой системе координат представляет собой связанную систему уравнений в частных производных, состоящую из уравнений движения, теплопереноса и N уравнений массопереноса (N – число компонент среды). На границах среды задаются перемещение, тепловой поток и диффузионные потоки для каждого компонента, зависящие от времени. В случае полупространства один наборов граничных условий заменяется на условие ограниченности искомых величин на бесконечности. Начальные условия нулевые.

Решение ищется в интегральной форме, которая представляет собой свёртку по времени функций Грина с правыми частями граничных условий. В задаче для слоя при нахождении функций Грина используется преобразование Лапласа по времени и

разложение искомых функций в неполные ряды Фурье, что сводит задачу в изображениях к системе линейных алгебраических уравнений относительно искомых функций. В задаче для полупространства вместо разложения в ряды Фурье применяется синус-, косинус-преобразование Фурье. Трансформанты искомых функций являются рациональными функциями параметра преобразования Лапласа. Их оригиналы находятся с помощью известных теорем операционного исчисления.

Одним из процессов, который может быть наиболее полно описан представленной математической моделью термоупругости с учетом диффузии для многокомпонентной среды является отжиг как завершающий технологический процесс ионной имплантации на примере технологии получения кремния на изоляторе. Также довольно точно может быть описана математически технология цементации стали, которая является важным технологическим процессом для современного тяжёлого машиностроения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №17-08-00663).

Исследование связи усталостной поврежденности балочных образцов с характеристиками излучаемого акустического поля

Дедовец А.Е.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Попов А.Л.
МАИ, каф. ИФ; ИПМех РАН
swip08@mail.ru

Динамические нагружения конструкций ответственного назначения, таких как корпуса энергетических установок, химические реакторы, резервуары, сосуды давления и др. обуславливают развитие поврежденности материалов и элементов конструкций, начальная стадия которой не выявляется традиционными средствами дефектоскопии.

В качестве метода, дополняющего существующие методы дефектоскопического контроля, предлагается бесконтактный дистанционный метод мониторинга изменений спектральных характеристик колебаний образцов и элементов конструкций через изменения в излучаемом ими акустическом поле после локальных ударных воздействий. Наиболее структурно чувствительной среди других спектральных характеристик является внутреннее трение (или, обратная ему величина, - добротность), которые обусловлены, в основном, рассеянием энергии в материале. Изменение добротности в сравнение с исходным состоянием позволяет контролировать начальные стадии процесса структурной повреждённости металла, в то время как другие характеристики сохраняют стабильные значения.

В работе отражены экспериментальные исследования по изучению влияния уровня усталостной поврежденности стальных балочных образцов, эксплуатировавшихся в одинаковых условиях, но с разными сроками. Испытываемые образцы, имевшие одинаковые геометрические характеристики, были пронумерованы без указания их «истории», в том числе сроков эксплуатации металла образцов. Представлены методика и аппаратура для проведения испытаний балочных образцов на добротность свободных затухающих колебаний со спектральным анализом излучаемого ими акустического поля, приведены результаты испытаний, показано их согласование со сроками эксплуатации образцов.

По результатам тестовых измерений можно сделать заключение, что опробованную методику и измерительную систему определения добротности затухающих колебаний балочных образцов можно использовать как индикатор начальной эксплуатационной повреждённости материала.

Применение квазистационарных моделей для оценки теплового состояния изделий, полученных посредством технологии послойного лазерного синтеза

Добрянский В.Н.[1], Кахраманов Р.М.[1], Соляев Ю.О.[1,2]
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Рабинский Л.Н.
[1]МАИ, каф. 910Б, [2]ИПРИМ РАН
kahramanov.rm@gmail.com

Аддитивные технологии с каждым годом увеличивают свое присутствие в различных областях машиностроения, в том числе в авиации и космонавтике. Одной из наиболее перспективных и актуальных является технология послойного лазерного синтеза (Selective laser sintering – SLS). Процесс получения изделия в SLS технологии осуществляется путем последовательного послойного проплавления лазерным лучом исходного металлического порошка. Возникающие в процессе изготовления температурные напряжения и деформации остаются существенной проблемой при получении изделий с повышенными требованиями к механическим характеристикам и точности исполнения.

При формировании оператором рабочего задания для установки по 3Д печати, должны учитываться характер распределения и величина температурных полей, возникающих в группе послойно увеличивающихся в процессе синтеза изделий. Однако, технологический процесс SLS технологии подразумевает большой объем вычислений, который необходимо проводить в случае моделирования. При одновременной необходимости сокращения инструментов для экспресс-анализа теплового состояния в рабочей камере установки при заданной конфигурации задания на производство. Такая информация позволяет оператору выявлять проблемные зоны и принимать соответствующие меры при выборе группировке изделий в задании и проектировании элементов поддержек.

В настоящей работе представлены результаты исследования возможности применения квазистационарных решений для экспресс-оценки теплового и напряженно-деформированного состояний изделий, получаемых посредством послойного лазерного синтеза. Для этого в работе реализуется численное решение плоской задачи нестационарной теплопроводности о послойном приращении одиночной тонкой вертикальной стенки и группы тонких вертикальных стенок в процессе изготовления по SLS технологии. Полученные решения нестационарной задачи сравниваются с решением в квазистационарной постановке, в котором пренебрегается, как периодическим (импульсным) воздействием лазера, так и послойным увеличением тела. Сопоставление также проводится в отношении температурных напряжений, которые возникают в синтезируемом изделии, и которые определяются в результате решения задачи термоупругости для найденных распределений температурного поля. Все решения производятся численно, с применением метода конечных элементов в системе символьных вычислений.

В результате решения тестовых задач показано, что для изделий с простой геометрией, в ограниченных временных интервалах, возможно использовать квазистационарные решения для приближенной оценки макроскопического теплового состояния. Отметим, что данные выводы требуют дополнительного изучения, в том числе в рамках трехмерной постановки задачи.

Исследования параметров механики разрушения для трещин в поле остаточных напряжений на различных этапах циклического нагружения

Елеонский С.И.
Научный руководитель – к.т.н. Писарев В.С.
ЦАГИ, отд. Статической и тепловой прочности
juzzepka@mail.ru

В настоящее время мировые авиастроительные предприятия и научные центры уделяют большое внимание созданию и изучению перспективных металлических

авиационных конструкций. Наибольший интерес вызывают два направления, а именно, использование упрочненных отверстий в болтовых и заклепочных соединениях, а также создание сварных элементов авиационных конструкций. Первое их них, в основном, направлено на значительное увеличение усталостной долговечности {fatigue life} и выносливости {damage tolerance} планера самолета. Использование сварных конструкций вместо болтовых и заклепочных соединений по современным оценкам может обеспечить снижение веса фюзеляжа пассажирского самолета в пределах 10-12 процентов. Успешная практическая реализация обоих упомянутых подходов требует количественного анализа величин параметров механики разрушения для трещин различной длины в поле остаточных напряжений при действии циклических нагрузок.

Основной задачей данного исследования является получение новых экспериментальных данных, которые необходимы для описания процесса распространения усталостной трещины в поле остаточных напряжений на различных этапах функционирования соединений. Достижение этой цели предполагает применение новых методов, которые основаны на высокоточном измерении деформационного отклика, вызванного локальным удалением материала, оптическими интерференционными методами. Отличительная особенность разработанного подхода состоит в том, что процесс распространения трещины моделируется последовательностью узких разрезов. Исходная экспериментальная информация представляет собой тангенциальные компоненты перемещений, измеряемые непосредственно на берегах разреза. Данные особенности обеспечивают количественное описание эволюции остаточных напряжений, величин раскрытия трещины, коэффициентов интенсивности напряжений и Т-напряжений на различных стадиях эксплуатации соединений вследствие приложения внешних циклических нагрузок с различными параметрами.

Традиционные экспериментальные методы не обладают способностью надежного получения параметров механики разрушения для трещин в поле остаточных напряжений при воздействии циклических нагрузок. Вследствие этого наблюдается значительный дефицит информации, необходимой для обоснования статической прочности и ресурса соединений на основе упрочненных отверстий и сварных элементов авиационных конструкций.

В данной работе проведены исследования алюминиевых образцов (сплав 2024) с исходным и упрочнённым отверстием и сварных образцов (алюминиевого сплава типа 1201) на разных этапах циклического нагружения. Построены экспериментальные зависимости величин раскрытия, коэффициента интенсивности напряжений (КИН) и Т напряжений для трещин фиксированной длины от количества циклов нагружения. Для сварных образцов проведены исследования эволюции остаточных напряжений и параметров механики разрушения.

Растяжение нано/микротрубок с гексагональной цилиндрической анизотропией, полученных сворачиванием кристаллических плоскостей (100)

Жезлова Е.А., Куренков И.Э.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Лисовенко Д.С.
МАИ, каф. ИФ, ИПМех РАН
ivan_kuren@list.ru

В [1-3] предложена модель полого стержня, обладающего цилиндрической анизотропией, для описания механических свойств нано/микротрубок. В этих работах данная модель была применена к описанию упругих свойств углеродных нанотрубок, которые получались сворачиванием кристаллических плоскостей (001). В [4-7] модель полого стержня, обладающего цилиндрической анизотропией, использовалась для анализа упругих свойств нано/микротрубок с кубической, тетрагональной и орторомбической цилиндрической анизотропией, полученных сворачиванием кристаллической плоскости (001).

В рамках подхода Сен-Венана рассмотрена задача растяжения нано/микротрубок с гексагональной цилиндрической анизотропией, полученных сворачиванием

кристаллических плоскостей (100) Получены аналитические выражения модуля Юнга и коэффициента Пуассона с учетом угла хиральности. Численный анализ проводился для нано/микротрубок из кристаллов цинка Zn и карбида кремния SiC. Упругие константы для данных материалов брались из справочника [8]. Численный анализ показал, что у нано/микротрубок из цинка Zn и карбида кремния SiC будет наблюдаться отрицательный коэффициент Пуассона. Модуль Юнга для нано/микротрубок из этих материалов при фиксированном угле хиральности слабо зависит от толщины трубок. В случае фиксированной толщины модуль Юнга может в разы изменяться в зависимости от величины угла хиральности.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 16-01-00325.

1. Гольдштейн Р.В., Городцов В.А., Лисовенко Д.С. Мезомеханика многослойных углеродных нанотрубок и наноусов. Физическая мезомеханика, 2008 г., Т.11, №6, С.25-42.

2. Гольдштейн Р.В., Городцов В.А., Лисовенко Д.С. К описанию многослойных нанотрубок в рамках моделей цилиндрически анизотропной упругости**.** Физическая мезомеханика, 2009 г., Т.13, №5, С.5-14.

3. Гольдштейн Р.В., Городцов В.А., Лисовенко Д.С. Модули Юнга и коэффициенты Пуассона криволинейно анизотропных гексагональных и ромбоэдрических нанотрубок. Нанотрубки-ауксетики. ДАН, 2013, Т.452, N 3, С. 279-283.

4. Гольдштейн Р.В., Городцов В.А., Лисовенко Д.С., Волков М.А. Отрицательный коэффициент Пуассона для кубических кристаллов и нано/микротрубок. Физическая мезомеханика. 2013 г., Т.16, №6, С.13-31.

5. Гольдштейн Р.В., Городцов В.А., Лисовенко Д.С. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона для 7-ми константных тетрагональных кристаллов и нано/микротрубок из них. Физическая мезомеханика. 2014, Т.17, N 5, С.5-14.

6. Goldstein R.V., Gorodtsov V.A., Lisovenko D.S., Volkov M.A. Negative Poisson's ratio for 6-constant tetragonal nano/microtubes. Physica Status Solidi (b), 2015, V.252, N 7, P.1580-1586.

7. Goldstein R.V., Gorodtsov V.A., Lisovenko D.S., Volkov M.A. Auxeticity in nano/microtubes produced from orthorhombic crystals. Smart Materials and Structures, 2016, V.25, N 5, P.054006(12).

8. Landolt-Börnstein Group III. Condensed Matter. B.: Springer. 1992. V.29a. P.11-188.

Компьютерное моделирование сварки давлением диска и образца из разнородных интерметаллидных жаропрочных сплавов

Жигалова М.Ю., Ахунова А.Х
Научный руководитель – д.т.н. Валитов В.А.
ИПСМ РАН
Zhigalova_Mariya_Yu@mail.ru

Одним из основных материалов, используемых в авиадвигателестроении, являются жаропрочные сплавы на основе никеля. При этом различные детали и узлы двигателя зачастую изготавливаются из разнородных жаропрочных сплавов. Для получения неразъемных соединений таких деталей перспективным является использование процесса сварки давлением (СД) в твердой фазе. При сварке давлением пластическая деформация приконтактных объемов развивает физический контакт свариваемых поверхностей и улучшает протекание диффузионных процессов, вследствие чего образуется твердофазное соединение.

Работоспособность двигателя определяется, главным образом, качеством соединения его узлов и деталей, поскольку наличие дефектов в таких местах может привести не только к разрушению этой детали, но и к разрушению всего двигателя. Поэтому повышение качества сварного соединения в таких конструкциях является актуальной задачей. В данной работе методами конечно-элементного моделирования исследован процесс сварки давлением диска и образца из разнородных интерметалидных жаропрочных сплавов.

Компьютерное моделирование сварки диска и образца проводили в двумерной постановке (осесимметричная задача) с помощью пакета прикладных программ DEFORM-2D. В качестве материала для диска выбран деформируемый жаропрочный сплав ЭП975 в ультрамелкозернистом состоянии, для образца – сплав ЭК79 в в ультрамелкозернистом состоянии. Скорость перемещения траверсы составляла 10^{-5} $с^{-1}$. Температура сварки - 1100°С.

По результатам моделирования можно заключить, что при сварке давлением диска и образца, бóльшая степень локальной деформации достигается в той части образца, которая непосредственно не приходит в контакт с диском, при этом степени деформации очень малы.

Известно, что возникновение участков локальной деформации на контактных поверхностях при сварке давлением улучшает качество сварного шва. Картины распределения сдвиговых деформаций позволяют сделать вывод, что чем больше величина перемещения траверсы, тем больше протяженность участков с максимальными значениями сдвиговых деформаций на контактной поверхности образца и диска.

Исходя из этого, можно заключить, что для повышения эффективности сварки давлением, величину перемещения траверсы следует увеличивать, однако она не должна быть слишком большой, чтобы не вызвать изменение формы образца.

Выводы:

На основании проведенных расчетов можно сформулировать следующие выводы.

1. Проведено конечноэлементное моделирование пластического течения материала при сварке давлением диска и образца при температуре 1100°С и начальной скорости деформации 10^{-5} $с^{-1}$.

2. Для получения при сварке более однородного по качеству соединения целесообразно увеличивать значение перемещения траверсы, поскольку в этом случае увеличивается протяженность участков максимальными значениями сдвиговых деформаций, тем самым улучшая качество сварного соединения.

Корреляционно-регрессионный анализ холодной штамповки высокопрочных гребенчатых полумуфт

Журов М.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Панфилов Г.В.
ТулГУ, каф. МПФ
mpf-tula@rambler.ru

Соединительные полумуфты находят широкое распространение в различных отраслях промышленности. Изделия данного класса должны обладать высоким качеством при минимальном весе конструкции. В качестве материалов применяется сплав алюминия и нержавеющей стали. В настоящее время формообразование указанных изделий осуществляется пластическим формообразованием.

Для повышения эффективности изготовления методом пластического формообразования деталей в форме половины цилиндра с продольной осевой полостью, в которой сформирована гребенка, необходимо назначение теоретически обоснованных режимов технологических процессов, обеспечивающих заданное качество, уменьшение трудоемкости и металлоемкости изготовления изделий ответственного назначения. Для решения этой задачи предлагается создание оригинальной трехоперационной технологии штамповки соединительных полумуфт из высокопрочных сталей, позволяющую на заключительной операции сформировать высокопрочную гребенку, способную выдерживать значительные нагрузки.

В качестве выходных параметров приняты окончательные размеры полумуфты. Зависимость влияния погрешностей полуфабриката осевой осадки на качество соединительной полумуфты с отштампованным внутренним профилем исследовалась методом множественного корреляционно-регрессионного анализа.

Получены результаты множественного регрессионного анализа в виде уравнений регрессии. На основе полученных уравнений регрессии можно выявить закономерности

влияния комплекса конструктивных и технологических факторов, таких, как длина полуфабриката, высота полуфабриката, ширина полуфабриката и масса полуфабриката на геометрические размеры и форму полуфабриката для заключительной штамповки гребенки и плоскости разъема соединительных полумуфт, в частности такие, как ширина плоскости разъема полумуфты и степень не заполнения углов сопряжений плоскости разъема и гребенки.

Объем выборки для проведения данного корреляционно-регрессионного анализа составил 200 полуфабрикатов, полученных после первой формообразующей операции. В результате соответствующей корректировки подучены полуфабрикаты второй операции, обеспечивающие на заключительной штамповке изготовление гребенки (системы кольцевых выступов и впадин) на осевой полости, обладающей наивысшим качеством и наибольшей несущей способностью к срезу зубьев.

Изготовленная опытная партия высокопрочных гребенчатых полумуфт подтвердила результаты, предсказанные проведенным анализом.

Оценка усталостной долговечности сплава ВТ3-1 на основе численного моделирования эквивалентного внешнего воздействия

Загаровский А.А., Кузнецов С.А.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Беклемишев Н.Н.
МАИ, каф. ИФ
zagarovskiy93@mail.ru

Исследование процессов разрушения авиационных материалов в областях больших долговечностей (10^8 – 10^{10} циклов) показало, что под действием циклических напряжений, не превосходящих классического предела усталости, зарождение трещины локализуется во внутренних объемах материала, т.е. под поверхностью. Оценка длительности процесса зарождения трещины в режиме сверхмногоцикловой усталости (СВМУ) показывает, что доля, приходящаяся на рост трещины, пренебрежительно мала. Поэтому, для оценки долговечности конструкции в области СВМУ необходим критерий зарождения подповерхностной трещины. В силу малости амплитуды внешнего воздействия, очевидно, что процесс зарождения связан с накоплением усталостной повреждаемости на малых масштабах, где ощутимыми являются свойства границ зерен и атомной структуры материала. На данном масштабном уровне описание материала в рамках механики сплошных сред представляется невозможным. Поэтому, с целью построения критерия накопления усталостной повреждаемости при СВМУ нагружении используется энергетический подход.

Синергетическое рассмотрение процесса усталостного разрушения как последовательного самоорганизованного перераспределения энергии, подводимой к материалу, позволяет процесс накопления усталостной повреждаемости описать законом сохранения энергии, описывающим три этапа: закачка энергии в материал за счет внешнего воздействия, релаксация энергии при образовании дефектов и диссипация энергии реакции материала. Энергия разрушения может быть рассмотрена в виде суммы энергии развития дефектной структуры в области разрушения, энергии неупругих потерь, идущих на локальный разогрев, и энергии реакции на развитие дефектной среды. При этом предполагается энергетическая эквивалентность механического и радиационного воздействия. Такое предположение позволяет получить оценку указанных выше энергий путем численного моделирования процесса радиационного облучения материала быстрыми ионами. В численном эксперименте проводится оценка энергии развития дефектной структуры за цикл, и критическое значение энергии разрушения материала. Энергетическим критерием зарождения усталостной трещины является достижение суммарной энергии развития дефектной структуры, значения критической энергии разрушения.

Данный подход использован для оценки усталостной долговечности титанового сплава ВТ3-1 в области СВМУ при одноосном нагружении с коэффициентом асимметрии равным -1.

Тестирование легкогазовой установки на задаче Тейлора на образцах из меди

Зелепугин А.С.[1,2], Пахнутова Н.В.[1], Христенко Ю.Ф.[1]
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Зелепугин С.А. [1,2]
[1]ТГУ50, [2]ТНЦ СО РАН
nadin_04@mail.ru

Для оценки динамических характеристик материалов, прежде всего, динамического предела текучести, а также для выбора определяющих соотношений и подбора констант к ним наиболее часто используется процесс динамического взаимодействия тела цилиндрической формы с жесткой стенкой (недеформируемой преградой), называемый методом (задачей, тестом) Тейлора.

Метод Тейлора устанавливает связь динамического предела текучести с остаточной длиной цилиндрического тела после удара по недеформируемой преграде и традиционно используется для оценки динамических прочностных характеристик материала.

В практике современного эксперимента для ускорения твердых тел заранее заданной формы широкое применение нашли легкогазовые установки (ЛГУ). Такие установки позволяют устойчиво получать скорости метания до 7 – 9, а в отдельных экспериментах и до 11 км/с, что делает их незаменимым инструментом при исследованиях в области газодинамики, баллистики, материаловедения и т.п.

В НИИ прикладной математики и механики Томского государственного университета (НИИ ПММ ТГУ) разработана одноступенчатая легкогазовая установка, в которой модель (образец) ускоряется сжатым газом (гелием), подаваемым из стандартного баллона (максимальное начальное давление 15 МПа). При калибре ствола 8 мм и объеме камеры 20 см^3 установка обеспечивает получение скоростей 400 – 700 м/с для моделей массой 0,5 – 1 г. Повторяемость опытов обеспечивается точной установкой начального давления в камере, закрытой многослойной мембраной из рентгеновской пленки. В нужный момент пленка прорывается специальной иглой при вращении штока, вмонтированного в затворном узле.

Установка прошла тестирование на задаче Тейлора (удар цилиндрического тела по недеформируемой преграде). В качестве образца взят медный (М1) цилиндр длиной 32 мм, диаметром 7,8 мм. Масса образца около 15 г, плотность 8,94 г/см^3. На стадии тестирования были подобраны условия метания, обеспечившие скорости движения образца на выходе из ствола в диапазоне 150-350 м/с. Адаптация ЛГУ заключалась в подборе условий, обеспечивающих стабильное метание медного образца с заданной скоростью, т.к. образец обладает заметной массой, превышающей массы обычно используемых образцов, а скорость метания заметно ниже обычных. Образцы после нагружения разрезались вдоль оси симметрии, резка осуществлялась на станке с ЧПУ DK7732 для электроэррозионной резки. Их структура анализировалась методами оптической микроскопии на металлографическом микроскопе Axiovert 200M.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-43-700774.

Выбор наилучшего критерия оценки усталостной прочности металлических материалов при многоосном циклическом нагружении в области СВМУ

Зинин А.С., Ткаченко В.Г.
Научный руководитель – Никитин А.Д.
МАИ, каф. ИФ
artyom7LiA@gmail.com, tkvalent@mail.ru

Элементы авиационных изделий, такие как диски и лопатки газотурбинных двигателей (ГТД) в процессе эксплуатации испытывают циклические нагружения, вызванные различными внешними воздействиями. Среди таких нагрузок можно выделить центробежные силы, меняющиеся во время полетного цикла, вибрационные нагрузки, связанные с не стационарностью воздушного потока в ГТД и приводящее к неравномерному распределению давления на лопатки и др. Под действием циклических

нагрузок материал накапливает усталостное повреждение, которое может приводить к разрушению элементов конструкций. В зависимости от амплитуд внешних нагрузок, механизм накопления усталостного повреждения может различаться. При высоких (в сравнении с пределом текучести) амплитудах внешних нагрузок доминирует зарождение с поверхности образца. При этом происходит множественное зарождение поверхностных трещин. При снижении внешней нагрузки происходит локализация области накопления усталостного повреждения и разрушение обусловлено одной поверхностной трещиной. Данный механизм наблюдается вплоть до величины внешней нагрузки равной пределу усталости материала, где происходит переход к подповерхностному зарождению. С развитием испытательной техники стало возможно экспериментально исследоваться область сверх больших долговечностей 10^7 – 10^{10} циклов, называемой область сверхмногоцикловой усталости (СВМУ). Однако, ввиду сложностей проведения исследования, на данный момент возможны проведения опытов в условиях одноосного напряженного состояния (растяжение-сжатие и растяжение-растяжение). Разработаны прототипы установок, позволяющие реализовывать трехточечный изгиб и кручение. Однако, проведение исследований при многоосном нагружении в области СВМУ до сих пор остается невозможным. Таким образом, возникает необходимость в разработке критерия, по средствам которого было бы возможно оценивать усталостную прочность материала и изделий, испытывающих многоосное нагружение в СВМУ режиме.

Одним из методов оценки усталостной прочности материалов в СВМУ режиме является обобщение многоосных критериев разрушения определенных для многоцикловой усталости (10^5 – 10^7 циклов) на случай сверх-многоцикловой усталости. Такое обобщение может быть проведено на основе гипотезы о подобии усталостных кривых в МНЦУ и СВМУ режимах. В работе проводится обобщение критериев Финдли и Кроссланда на случай СВМУ. Параметры критериев определяются из одноосных испытаний при СВМУ, а верификация проводится путем сравнения экспериментальных данных с результатами испытаний на кручение в области СВМУ.

Электрофизическое модифицирование конструкционных композиционных материалов, армированных углеродными волокнами

Злобина И.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Бекренев Н.В.
СГТУ им. Гагарина Ю.А., каф. ТМДМ
irinka_7_@mail.ru

В конструкции современных и перспективных летательных аппаратов все шире применяются композиционные материалы на основе углепластиков.

В настоящее время на долю углепластиков приходится до половины веса современного самолета как боевого, так и гражданского и до 70 % их поверхности. По данным исследовательской компании Grand View Research, объем мирового рынка углепластиков достигнет к 2022 году $23,55 млрд**.** Однако, композиционные материалы и, в частности, углепластики, характеризуются выраженной анизотропией физико-механических характеристик, определяемой видом и ориентацией армирующих компонентов. Например, обладая высокой прочностью на разрыв в направлении армирующих волокон, такие материалы имеют существенно меньшую изгибную прочность и прочность по межслоевому сдвигу. В тоже время перспективные авиационные и ракетные комплексы будут высокоманевренными, использоваться в условиях гиперзвуковых скоростей в атмосфере и ближнем космосе, что выдвигает повышенные требования к механической и термической прочности их конструкционных элементов, имеющих сложные формы, сильно влияющие на распределение опасных механических и температурных напряжений.

Ранее было установлено, что при электрофизическом воздействии на углепластики (пултрузионный карбон) предельное напряжение при срезе возрастает в среднем на 40 %, при изгибе – на 7-13%, при растяжении на 34 %, при сжатии перпендикулярно укладке волокон – на 81 %; время до разрушения при предельной нагрузке возрастает в 1,6-4 раза.

Выполнены исследования влияния электрофизической обработки малой интенсивности на структуру и физико-механические характеристики окончательно отвержденного армированного углеродными волокнами композиционного слоистого материала при времени воздействия 0,5-2 минуты. Проведены испытания на срез, изгиб, сжатие и межслоевой сдвиг. Микроструктура образцов до и после обработки изучена при помощи электронного микроскопа MIRA // TESCAN в Лаборатории материалов специального назначения Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. Установлено, что предельные напряжения после электрофизической обработки по сравнению с контрольными возросли при срезе на 20-21%, при изгибе – на 18-19%. В производственных условиях установлено увеличение прочности по межслоевому сдвигу более чем на 14%. Увеличение прочности при сжатии было незначительным и составило 1,5-1,8%, что можно считать лежащим в пределах погрешности измерений. Одной из причин увеличения прочности исследованных материалов после электрофизического воздействия может быть рост точек контактного взаимодействия элементов микроструктуры, образующих новые связи между матрицей и наполнителем, что подтверждается выявленным при анализе микрофотографий ростом фрактальной размерности элементов структуры в среднем на 12-15% на уровне размеров фрагментов микроструктуры менее 2 мкм.

В данном направлении целесообразно проведение дальнейших теоретических и экспериментальных исследований с целью обоснования оптимальных технологических режимов электрофизического модифицирования окончательно сформированных изделий, что позволит повысить запас прочности конструкционных элементов перспективных летательных аппаратов без изменения массы и корректировок формирования исходных компонентов композиционных материалов.

Моделирование технологии изготовления крепежных деталей в условиях крупносерийного производства с использованием специальной штамповой оснастки

Иванов А.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Коротков В.А.
ТулГУ, каф. МПФ
Alexivanov999999@yandex.ru

Рынок всевозможных крепежных деталей в России и мире в настоящее время достаточно быстро развивается. К таким изделиям относят: болты, гайки, дюбеля, винты и т.д. Требования, предъявляемые к деталям, достаточно высоки, поэтому технология их изготовления должна обеспечивать необходимые конструктивные и механические характеристики. Одни из самых жестких условий эксплуатации можно наблюдать у деталей типа «болт». Целью представленной работы является совершенствование технологии изготовления болтов различных размеров.

На данный момент существует несколько технологических схем получения подобных деталей, в зависимости от конфигурации и габаритных размеров можно варьировать ими и выбирать наиболее подходящую и отвечающую запросам предприятия-изготовителя. Проведя теоретический анализ технологических операций, сделан вывод, что наиболее предпочтительной является схема холодного деформирования в несколько переходов, использующая прутковую заготовку. Данный метод имеет ряд преимуществ перед конкурентами. Основное это возможность упрочнения металла при холодном деформировании, что положительно влияет на эксплуатационные характеристики готового изделия. Данная технологическая схема широко применяется в существующем производстве. Достаточно остро встает вопрос о расширении номенклатуры получаемых крепежных деталей, расширения диаметрального ряда и т.д. В условиях современного производства, без применения теоретических и экспериментальных исследований, достаточно сложно создать универсальную схему с рабочими рекомендациями по технологическим и инструментальным параметрам для перехода с одних габаритов изделия на другие. Существует большое количество проблем и неточностей, связанных с проблемой

стойкости инструмента, точности его изготовления, точности, которую он может обеспечить и т.д.

Предложено решение данной проблемы с помощью математического моделирования в программном комплексе Qform 3D, что позволит с необходимой точностью рассчитать скоростно-силовые параметры процессов для болтов разных габаритов и материалов. Расчеты, проведенные в процессе моделирования технологии получения болтов холодной штамповкой для нескольких размеров деталей, показали, что при оптимизации геометрии рабочего инструмента возможно существенное снижение силы деформирования, а также повышение стойкости инструмента за счет использования специального смазочного состава. Кроме того, предложена специальная схема автоматизации процесса, позволяющая повысить производительность труда на 60-80% по сравнению с существующими технологиями изготовления болтов.

Значимость предварительного компьютерного моделирования процессов холодной штамповки трудно переоценить, благодаря современным программам, основанным на методе конечных элементов. В результате можно исследовать всевозможные процессы обработки металлов давлением без изготовления реальной штамповой оснастки, что существенно снижает трудовые и финансовые затраты при разработке и оптимизации технологий получения различных деталей, в том числе и крепежных болтов.

Влияние критерия текучести на предсказание толщины упрочненного слоя при осесимметричном течении

Идрисов Д.М.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Лямина Е.А.
МАИ, каф. ИФ, ИПмех РАН
idrisov.dim@mail.ru

В процессах обработки материалов давлением в окрестности поверхностей трения часто образуется тонкий упрочненный слой. Для теоретического предсказания толщины такого слоя возможно примение подхода, основанного на коэффициенте интенсивности скорости деформации, который характеризует интенсивность эквивалентной скорости деформации вблизи поверхности максимального трения, или подхода, основанного на коэффициенте интенсивности мощности пластической деформации, который характеризует интенсивность мощности пластической деформации вблизи поверхности максимального трения. Для оценки чувствительности отмеченных подходов к условиям процесса деформирования, важно проанализировать зависимость коэффициента интенсивности скорости деформации и коэффициента интенсивности мощности пластической деформации от параметров процесса и модели материала.

Цель данного исследования - изучить влияние критерия текучести на величину коэффициента интенсивности скорости деформации и коэффициента интенсивности мощности пластической деформации на основе аналитического решения модельной краевой задачи об осесимметричном течении несжимаемого жесткопластического материала. Эта краевая задача ранее была решена с использованием критериев текучести Треска и Мизеса, и было показано, что коэффициент интенсивности скорости деформации не зависит от вида критерия текучести, а коэффициент интенсивности мощности пластического деформирования зависит.

Рассмотрено полуаналитическое решение краевой задачи об осесимметричном течении пластической трубы. Материал подчиняется обобщенному условию текучести Хосфорда, для которого критерии текучести Треска и Мизеса являются частными случаями при определенных значениях параметра, и ассоциированному закону пластического течения. Предполагается, что на внешнем радиусе действуют сжимающие нормальные напряжения, а внутренний радиус не изменяется.

На основе асимптотического анализа сингулярного поведения эквивалентной скорости деформации получен коэффициент интенсивности скорости деформации (КИСД), как коэффициент главного члена ряда Тейлора. Показано, что КИСД не зависит

от вида критерия текучести жесткопластического тела. Однако, коэффициент интенсивности мощности пластического деформирования, который также получен с использованием разложения пластической мощности в ряд Тейлора вблизи поверхности трения, зависит от критерия текучести и определяется параметром, входящим в критерий Хосфорда. Кроме того из анализа решения видно, что коэффициент интенсивности мощности пластического деформирования является немонотонной функцией этого параметра и может быть найдено значение при котором достигается минимальное значение.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ- 16-51-540001.

Особенности использования кусочно-линейных пластических потенциалов в расчетах неустоявшихся температурных напряжений

Каинг М.,[1] Ткачева А.В.[2], Щербатюк Г.А.[1]
Научный руководитель – член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н. Буренин А.А.
[1]КнАГТУ, [2]ИМиМ ДВО РАН
4nansi4@mail.ru

На примере постановок простейших модельных краевых задач теории температурных напряжений в упругопластических телах исследован ряд качественных особенностей построения решений. Использована классическая математическая модель упругопластичности Прандтля – Рейса, в которой соотношения закона Гука заменены зависимостями Дюамеля – Неймана, а в качестве условий пластичности выбраны соотношения Треска – Сен-Венана:

$$\max\left|\sigma_i - \sigma_j\right| = 2k$$

или соотношения Ишлинского-Ивлева

$$\max\left|\sigma_i - \sigma\right| = \frac{4}{3}k\,,$$

где σ_i – главные значения тензора напряжений, $\sigma = \frac{1}{3}\left(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3\right)$, k предел текучести. Предел текучести k и упругие постоянные полагаются зависимыми от температуры.

Рассмотрена бесконечная длинная пластина с закреплёнными краями по ширине, интенсивно нагреваемая по линии симметрии. Центр декартовых координат расположен на краю пластины, ось абсцисс направлена по ширине, ось ординат - по длине. Пластинка подвержена нагреву, который прекращается в момент, когда на оси симметрии температура достигла некого своего максимального значения.

Если за поверхность нагружения принято соотношение Треска – Сен-Венана, то решения в условиях зависимость предела текучести от температуры не существует, поскольку из условия пластичности следует $\sigma_x = -2k \neq const$, которое в условиях зависимости k от температуры и, следовательно, от пространственной координаты x противоречит уравнению равновесия $\sigma_{x,x} = 0$.

Если же за условие пластического течения принято условие Ишлинского-Ивлева, то при нагреве возникает пластическое течение, соответствующее плоскому напряженному состоянию на грани $2\sigma_y - \sigma_x = -4k$ призмы Ивлева. Оно возникает в месте нагрева и распространяется по пластине. С ростом температуры на оси симметрии выполняется условие на ребре призмы Ивлева: $2\sigma_y - \sigma_x = -4k$ и $\sigma_y + \sigma_x = -4k$. Но такое пластическое течение не осуществимо опять же из-за противоречия с уравнением равновесия, так как из соотношения на ребра призмы для максимальных приведенных напряжений (призмы Ивлева) следует $\sigma_x = -\frac{4}{3}k \neq const$, но согласно уравнению равновесия σ_x не может быть зависимым от пространственной координаты x. Однако,

решение можно построить посредством мгновенного перехода напряженных состояний через грань поверхности нагружения на иное ребро: $\sigma_y + \sigma_x = -4k$.

В момент прекращения нагрева начинается повторное пластическое течение. Оно повторяет пластическое течение при росте температуры с тем только отличием, что в условиях пластичности поменяется знак правой части. Наличие жестких стенок по границам пластины приведет к тому, что итоговые напряжения останутся удовлетворяющими условию пластичности.

Численные и аналитические подходы к моделированию роста трещин с учётом их упругого взаимодействия

Каспарова Е.А., Шушпанников П.С.
Научный руководитель – член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н. Гольдштейн Р.В.
ИПМех РАН им. А.Ю. Ишлинского
korserpentis@mail.ru

Изучение процессов зарождения и эволюции структур разрушения в упругих материалах (средах) представляет большой теоретический и практический интерес в различных областях научного знания, в связи с тем, что наличие подобного рода структур влияет не только на прочность материала, но и на его тепло- и электропроводность, жидкостную проницаемость и многие другие свойства.

При этом, аналитическое описание роста и взаимодействия трещин значительно усложнено тем, что на каждом этапе роста трещин происходит перераспределение полей напряжений и деформаций во всем материале, а также изменение коэффициентов интенсивности напряжений вблизи вершин взаимодействующих трещин. Поэтому, как правило, аналитические модели роста трещин весьма громоздкие и имеют очень ограниченную область применения.

В настоящей работе разработан подход и выполнено численное моделирование квазистатического роста трещин и систем трещин различной исходной конфигурации в изотропной пластине, находящейся в условиях растяжения, с учётом упругого взаимодействия трещин.

Моделирование роста трещин осуществлялось методом конечных элементов, предполагающим перестройку сетки на каждой итерации использующейся численной процедуры. Для нахождения коэффициентов интенсивности напряжений (КИН), характеризующих особенности напряжённо-деформированного состояния вблизи вершин трещин, использовался метод, основанный на вычислении инвариантных интегралов (аналогичных J-интегралу), описывающих взаимодействие реального упругого поля в пластине с трещинами и некоторых вспомогательных упругих полей. По найденным КИН направления роста трещин на каждой итерации определялись с использованием критерия максимальных окружных напряжений.

Предложенный способ численного моделирования роста трещин может быть использован для решения широкого класса задач механики хрупкого разрушения с произвольной геометрией трещин. В частности, рассмотрены двумерные задачи о распространении трещин в окрестности двух близко расположенных круговых пор, а также о расчете траекторий двух взаимодействующих изначально параллельных трещин одинаковой длины в пластине при растяжении.

Рассмотрено аналитическое решение задачи о росте двух параллельных трещин конечной длины в пластине при растяжении. На основе теории потенциалов Колосова-Мусхелишвили в настоящей работе получены формулы для коэффициентов разложения Вильямса полей напряжений вблизи вершины одной из двух взаимодействующих параллельных трещин, которые необходимы для получения уравнения траектории трещин в аналитическом виде.

В рамках границ применения аналитической модели наблюдается хорошее совпадение траекторий взаимодействующих трещин, полученных численным и аналитическим путем.

Разработанный численный подход предполагается использовать в дальнейшем для расчета траекторий трещин в телах со сложной геометрией и трехмерных упругих телах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 17-01-00526).

Применение квазистационарных моделей для оценки теплового состояния изделий, полученных посредством технологии послойного лазерного синтеза

Кахраманов Р.М., Соляев Ю.О.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Рабинский Л.Н.
МАИ, каф. 910Б
kahramanov.rm@gmail.com

Аддитивные технологии с каждым годом увеличивают свое присутствие в различных областях машиностроения, в том числе в авиации и космонавтике. Одной из наиболее перспективных и актуальных является технология послойного лазерного синтеза (Selective laser sintering – SLS). Процесс получения изделия в SLS технологии осуществляется путем последовательного послойного проплавления лазерным лучом исходного металлического порошка. Возникающие в процессе изготовления температурные напряжения и деформации остаются существенной проблемой при получении изделий с повышенными требованиями к механическим характеристикам и точности исполнения.

При формировании оператором рабочего задания для установки по 3Д печати, должны учитываться характер распределения и величина температурных полей, возникающих в группе послойно увеличивающихся в процессе синтеза изделий. Однако, технологический процесс SLS технологии подразумевает большой объем вычислений, который необходимо проводить в случае моделирования. При одновременной необходимости сокращения инструментов для экспресс-анализа теплового состояния в рабочей камере установки при заданной конфигурации задания на производство. Такая информация позволяет оператору выявлять проблемные зоны и принимать соответствующие меры при выборе группировке изделий в задании и проектировании элементов поддержек.

В настоящей работе представлены результаты исследования возможности применения квазистационарных решений для экспресс-оценки теплового и напряженно-деформированного состояний изделий, получаемых посредством послойного лазерного синтеза. Для этого в работе реализуется численное решение плоской задачи нестационарной теплопроводности о послойном приращении одиночной тонкой вертикальной стенки и группы тонких вертикальных стенок в процессе изготовления по SLS технологии. Полученные решения нестационарной задачи сравниваются с решением в квазистационарной постановке, в котором пренебрегается, как периодическим (импульсным) воздействием лазера, так и послойным увеличением тела. Сопоставление также проводится в отношении температурных напряжений, которые возникают в синтезируемом изделии, и которые определяются в результате решения задачи термоупругости для найденных распределений температурного поля. Все решения производятся численно, с применением метода конечных элементов в системе символьных вычислений.

В результате решения тестовых задач показано, что для изделий с простой геометрией, в ограниченных временных интервалах, возможно использовать квазистационарные решения для приближенной оценки макроскопического теплового состояния. Отметим, что данные выводы требуют дополнительного изучения, в том числе в рамках трехмерной постановки задачи.

Об операторах дивергенции на гладких многообразиях, представляющих тела с несовместными деформациями

Койфман К.Г.
МГТУ, каф. ФН-2
koifman.bmstu@yandex.ru

Известно, что тела с несовместными деформациями, вызванными распределенными полями дефектов, технологическими причинами, возникающими в ходе аддитивных технологий и т.д., характеризуются отсутствием глобальной натуральной (свободной от напряжений) конфигурации в евклидовом пространстве (Kroner, Bilby, Maugin, Yavari). С физической точки зрения это означает, что в теле запасена некоторая энергия, которая не может быть высвобождена ни при какой гладкой деформации. Ее высвобождение возможно только при разрезании тела на множество малых несвязанных частей, которым позволяется деформироваться независимо. С теоретической точки зрения, этот прием эквивалентен удалению связей между элементарными объемами. Деформируясь свободно, элементарные объемы переходят в натуральное состояние, однако в совокупности не образуют сплошного тела. Это обстоятельство осложняет постановку краевых задач в классической, принятой в нелинейной теории упругости, форме. Перспективным является использование методологии геометрической механики континуума, в рамках которой геометрически несовместные элементарные объемы сплошного тела образуют единую непрерывную область в пространстве аффинной связности с неевклидовым правилом параллельного переноса (Epstein, Maugin, Marsden).

В работе рассматриваются простые тела (отклик зависит от первого градиента деформации). Процедура одновременной трансформации всех элементарных объемов к ненапряженному состоянию в таких телах эквивалентна процедуре построения пространства Римана-Картана методом подвижного репера. Действительно, каждая трансформация элементарного объема такого тела в натуральное состояние характеризуется невырожденным линейным преобразованием (локальной деформацией). В совокупности эти преобразования образуют непрерывное тензорное поле. С другой стороны, пространства Римана-Картана могут быть получены аналогично, посредством задания непрерывного поля преобразований опорного базиса к базису, ассоциированному с каждой точкой пространства (метод подвижного репера). Таким образом, имеется глубокая связь между математической формализацией глобальной отсчетной конфигурации для простых материалов и неевклидовой геометрией.

Удобным математическим аппаратом для таких представлений является анализ на многообразиях. Вместе с тем, формализация краевых задач на многообразиях общего вида требует обобщение классических операций векторного анализа. Оно необходимо, в частности, для дивергенции векторного поля, которая приобретает два независимых определения. Первое из них формулируется в предположении, что гладкое многообразие ориентируемо, и использует теорию внешнего исчисления Картана. При этом, использование теории интегрирования внешних форм (в частности, теоремы Стокса) на многообразиях позволяет сформулировать обобщение теоремы о дивергенции. Иное определение дивергенции использует аффинную связность: она определяется как свертка связности с рассматриваемым векторным полем.

Известно, что если пространство риманово (со связностью Леви-Чивита) и в нем выбрана ориентация, порожденная метрикой, то оба определения дивергенции дают одно и то же поле. В общем случае, это не так: появляется необходимое и достаточное условие равенства дивергенций, определенных указанными способами. Результатом настоящей работы является условие эквивалентности двух определений дивергенции - условие совместности формы объема с аффинной связностью.

Экстремальные значения модуля сдвига гексагональных кристаллов

Комарова М.А.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Лисовенко Д.С.
РАНХиГС, каф. ПИ, ИПМех РАН
mk.komarova@mail.ru

Упругость гексагональных кристаллов характеризуется пятью матричными коэффициентами податливости s_{11}, s_{12}, s_{13}, s_{33}, s_{44}. В кристаллографической системе координат с тремя углами Эйлера φ, θ, ψ выражение для модуля сдвига имеет вид

$$G^{-1}(\theta,\psi) = s_{44} + s_{44}\left(\Pi_3 \sin^2\psi + 4\Pi_{03}\cos^2\theta\cos^2\psi\right)\sin^2\theta,$$

$$\Pi_{03} \equiv \delta / s_{44},\ \Pi_3 \equiv (2s_{11} - 2s_{12} - s_{44})/s_{44},$$

$$\delta \equiv s_{11} + s_{33} - 2s_{13} - s_{44}.$$

Зависимость модуля сдвига является периодической функцией двух из трех угловых переменных (от угла φ не зависит) с периодами $T_\theta = T_\psi = \pi$. Безразмерные параметры Π_{03}, Π_3 и размерный параметр δ являются характеристиками степени анизотропии гексагональных кристаллов.

В работе проведен анализ изменчивости модуля сдвига гексагональных кристаллов. Выявлены три экстремальных значения. Экстремальное значение

$$G_1 = \frac{1}{s_{44}},$$

достигается при $\theta = 0$ и любых значениях угла ψ, а также в точке $\theta = \pi/2$, $\psi = 0$. Экстремальное значение

$$G_2 = \frac{1}{s_{66}}$$

возможно в точке $\theta = \psi = \pi/2$. Третье экстремальное значение

$$G_3 = \frac{1}{s_{11} + s_{33} - 2s_{13}}$$

достигается в точке $\theta = \pi/4, 3\pi/4$, $\psi = 0$. Наконец, значение модуля сдвига ,

$$G_4^{-1} = s_{44}\left(1 + \Pi_3 - \frac{\Pi_3^2}{4\Pi_{03}}\right)$$

возможно при значениях $\theta = \theta_0$, $\psi = \psi_0$, если $0 \le \cos^2\theta_0 = 0.25\Pi_3/\Pi_{03} \le 1$, $0 \le \cos^2\psi_0 = \Pi_3/(4\Pi_{03} - \Pi_3) \le 1$. Детальный анализ показал, что значение G_4 оказывается точкой перегиба.

На основе экспериментальных данных по коэффициентам податливости s_{ij} для гексагональных кристаллов, собранных в справочнике Ландолт-Бернштайн, проанализированы конкретные экстремальные значения модуля сдвига. Получены условия при которых наблюдаются максимальные и минимальные значения модуля сдвига для гексагональных кристаллов.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 16-01-00325.

Моделирование суперионного перехода методом молекулярной динамики

Корнева М.А.
Научный руководитель – Стариков С.В.
МФТИ
ОИВТ РАН
marijakorneva@yandex.ru

С помощью атомистического моделирования исследуется суперионный переход в следующих соединениях; UO_2, UN_2, TiH_2. Все три соединения представлены структурой

типа флюорит. Суперионный переход в бинарных системах – процесс, при котором одна из подрешеток теряет свою упорядоченность, а другая – сохраняет свою кристаллическую структуру. Механизмом данного перехода является накопление дефектов. Переход характеризуется ростом теплоемкости, коэффициента теплового расширения, ионной проводимости и других величин.

В данной работе исследованы температурные зависимости теплоемкостей веществ, а так же процесс накопления дефектов в подрешетках. Показано, что дефекты накапливаются во всем объеме системы, без зародышеобразования; процесс накопления дефектов происходит до температуры суперионного перехода и подчиняется аррениусовской зависимости. При больших температурах значение концентрации пар Френкеля остается постоянным вплоть до плавления системы. Исследована связь между разупорядочиванием подрешеток и ростом теплоемкости. Посчитаны значения энергий образования пар Френкеля. Проанализирована зависимость температуры суперионного перехода от энергии образования пар Френкеля. Полученные в ходе моделирования значения $T_c(E_{fp})$ хорошо согласуются с предложенной теоретической зависимостью. Построены P-T диаграммы стехиометрических веществ, а именно, кривые плавления и суперионного перехода. На основании полученных результатов удалось сделать выводы о необходимых условиях наличия суперионного перехода и общих закономерностях данного процесса.

Многоуровневое моделирование развития повреждений в слоистых композитах при помощи XFEM

Кошелева Н.А., Ташкинов М.А.
Научный руководитель – ак. РАН, д.т.н. Матвеенко В.П.
ПНИПУ, каф. ДПМ, НИЛ ИМК
nataly.kosheleva@gmail.com

В настоящее время полимерные композиционные материалы активно используются в различных сферах гражданской и авиакосмической промышленности. К преимуществам изделий, сделанных из композиционных материалов, относятся возможность проектирования деталей с определенными свойствами и сложными геометрическими формами, устойчивость к коррозии и усталостным нагрузкам, относительно малый вес при необходимой прочности.

Однако, не смотря на все преимущества, многослойные композиты имеют высокую вероятность развития неожиданных повреждений во время эксплуатации. Внутренние дефекты являются серьезной проблемой для композитных конструкций, так как включают в себя сложные разрушения слоев и межслойных соединений, в связи с чем, данный вид дефекта трудно обнаружить. Развитие методов испытаний и моделирования механики разрушения для определения устойчивости композитной конструкции к внутренним повреждениям является активной областью исследований. Численное моделирование является одним из доступных способов прогнозирования появления данных дефектов.

Для оценки масштабов повреждения, его типа, роста и характера развития, влияния на работоспособность конструкции в данной работе будет использовано численное моделирование при помощи расширенного метода конечных элементов (XFEM) в пакете ABAQUS. Исследование распространения дефектов является непростой задачей для метода конечных элементов, так как в большинстве случаев заранее не известен путь его развития, следовательно, необходимы частые перестройки сетки. Основным преимуществом XFEM является существование возможности для распространения повреждения внутри фиксированной сетки конечных элементов, где распространение повреждения "прокладывает" себе путь не только на границе между подэлементами, но внутри самих конечных элементов. XFEM является относительно новой техникой, и все ещё далек от того, чтобы быть стандартным техническим инструментом. Однако, в механике твердого тела и инженерного анализа, важным является то, что XFEM имеет очень узкую и специализированную область применения при анализе дефектов и при

анализе распространения повреждений, для сложной 3D геометрии, когда путь развития дефекта не может быть оценен априорно.

Особенностью данного исследования является многоуровневое моделирование развития повреждения в полимерном композиционном материале. Понимание механизмов зарождения дефекта при многоуровневом моделировании поможет создать надежную модель для оценки несущей способности конструкции. Существуют варианты развития локальных повреждений в разных слоях композита, влияние которых несущественно сказывается на работоспособность конструкции в целом из-за перераспределения напряжений между компонентами материала.

Исследование проводилось в Пермском Национальном Исследовательском Политехническом Университете при поддержке Российского Научного Фонда (проект №15-19-00243).

Подход к анализу одновременного формоизменения нескольких заготовок при холодном выдавливании

Крутиков П.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ларин С.Н.
ТулГУ, каф. МПФ
Peter212@yandex.ru

Эволюция технологических процессов получения большинства видов деталей для различных отраслей промышленности задает серьезные темпы развития и интенсификации всевозможных производственных процессов, в том числе и высокоэффективных процессов обработки металлов давлением. Очевидно, что постоянный мониторинг и последующая доработка существующих технологий изготовления деталей из высокопрочных металлов и сплавов являются ключевыми и неотъемлемыми частями производственного процесса. Выдавливание, как одна из наиболее высокоэффективных и прогрессивных технологических операций, имеет множество путей для оптимизации и более качественного внедрения в условия современного крупносерийного производства.

В настоящее время одним из наиболее актуальных вопросов разработки инновационных технологических схем выдавливания является формоизменение нескольких заготовок одновременно, особенно в условиях холодного деформирования с упрочнением заготовок и высоким коэффициентом износа рабочего инструмента. При моделировании таких способов обработки металлов давлением часто можно столкнуться с проблемами, возникающими ввиду динамического упрочения заготовки в режиме реального времени.

Например, при проведении моделирования процессов холодного прямого выдавливания с одновременным использованием двух заготовок на кафедре Механики пластического формоизменения в программном комплексе Qform 3D, столкнулись с сложностями при проведения расчета на базе метода конечных элементов: первая заготовка, достаточно сильно упрочняясь, начинает проникать во вторую, создавая огромное количество микроскладок на начальных этапах деформирования, что впоследствии приводит к преждевременной остановке всего расчета. Важно заметить, что моделирование проводилось для сталей одинаковых марок. При последующем расчете проектов с использованием разных материалов для заготовок (например, меди для первой, а стали для второй) расчет проводился до указанного шага и мог служить экспериментальным обоснованием для разработки адекватных рекомендаций по проектированию штамповой оснастки и выявлению оптимальных скоростно-силовых параметров исследуемого процесса.

Проблема изучения кинематики течения металла и формообразования при холодном выдавливании двух стальных заготовок также была решена с использованием программного комплекса Qform 3D. Экспериментально было доказано, что при выдавливании мелкогабаритных стальных корпусов снижение качества поверхности заготовок при упрочнении и образовании складок не играет существенной роли, поэтому

встал вопрос о моделировании такого процесса в среде Qform для изучения кинематики течения металла при таком методе с целью дальнейшей оптимизации формы рабочего инструмента. Найдено решение, заключающееся в том, что вместо одновременного деформирования двух заготовок, в процессе моделирования методом конечных элементов была использована одна цилиндрическая заготовка, имитирующая две, с предварительно заданной трассирующей линией в горизонтальной плоскости посередине. По характеру изменения формы рассматриваемой линии можно судить о формоизменении контактной поверхности двух заготовок в рассматриваемой схеме.

Экспериментальное подтверждение результатов моделирования штампа для двухугловой гибки с упругим элементом

Кузин А.О.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Попов И.П.
Самарский университет, каф. ОМД
Alexandrkuzin88@gmail.com

В данной работе предложена новая схема процесса двухугловой гибки в штампе с упругой планкой. В начале процесса заготовка фиксируется на матрице и выталкивателе, который находятся в верхнем положении. При движении пуансона вниз выталкиватель опускается, упругая планка начинает прижимать вертикальные полки заготовки к пуансону, создавая дополнительную нагрузку на заготовку. При обратном ходе выталкиватель выводит заготовку из матрицы, при этом упругая планка на протяжении всего процесса прижимает заготовку к пуансону. После окончания процесса заготовку снимают с пуансона пинцетом. Данная схема предназначена для обработки металлов давлением и относится к способам штамповки двухугловой гибкой. Новая схема позволит снизить упругое пружинение, за счет формы упругой планки и формы пуансона, повысить качество детали, исключить из технологического процесса операцию калибровки.

Штамповую оснастку целесообразно изготавливать из инструментальных сталей, предназначенных для штампов холодной штамповки. Рабочие элементы штампа (матрица, пуансон) материалы У8 или У10 и после термообработки твердость HRC 50-55. Упругая планка сталь 45 подвергается термообработки: отжиг при температуре 840-860°С, время 1 час с охлаждением в печи; полная закалка в воду при температуре 840-860°С, время 20 минут; высокий отпуск при температуре 550-600°С, 20 минут, далее охлаждение на воздухе; азотирование при температуре 550-600°С, время 55 часов для повышения стойкости. Размеры пуансона и матрицы соответствуют размерам детали. Пуансон корректируется в зависимости от геометрических параметров детали, угла пружинения, минимального радиуса гибки и материала заготовки.

В результате работы была разработана модель штампа с упругой планкой, которая позволяет сделать процесс двухугловой гибки более технологически и экономически выгодным. Разработанная модель штамповой оснастки с упругой планкой показала перспективность технологического процесса и рекомендована к внедрению в производство.

Результаты эксперимента подтвердили результаты теоретических расчетов, которые были использованы при изготовлении штамповой оснастки, а также подтверждают результаты моделирования. Данная штамповая оснастка снижает упругое пружинение. Упругий прижим позволяет получать детали с требуемым углом, исключив дополнительные операции. Разработанная штамповая оснастка с упругой планкой показала перспективность технологического процесса и рекомендована к внедрению в производство.

Применение расширенного метода конечных элементов для анализа напряжённо-деформируемого состояния на границе раздела двух сред

Лебедев И.М.
Научные руководители – член-корреспондент, д.ф.-м.н. РАН Гольдштейн Р.В., к.ф.-м.н. Шушпанников П.С.
ИПМех РАН
www.mrlim@mail.ru

В последнее время значительно возросло число областей применения композиционных материалов. В связи с этим большой интерес представляет анализ напряженно-деформированного состояния, а также развитие трещин вблизи границы раздела двух сред (фаз)

Одним из самых распространенных на сегодняшний день методов решения такого рода задач является метод конечных элементов (МКЭ). Но его использование может быть сопряжено с рядом особенностей, как например, образование и развитие множественных трещин вблизи границы раздела. К тому же за счет большого количества включений рассматриваемого материала, число таких границ может быть велико. Указанные особенности могут привести к серьезным затруднениям, поскольку в МКЭ конфигурация включений и трещин учитывается явно на этапе построения расчётной сетки. Как следствие, изменение геометрии трещин предполагает перестройку расчётной сетки, что, очевидно, является недостатком метода.

Свободным от указанного недостатка является рассматриваемый в настоящей работе расширенный метод конечных элементов. В рамках данного метода наличие включений, а также трещин и их развитие никак не сказывается на конечно-элементной сетке. Это позволяет более эффективно моделировать процесс множественного роста трещин.

В качестве метода описания геометрии трещины выбран метод множества уровня. В рамках данного метода геометрия трещин определяется при помощи двух функций множества уровня. Свойства этих функций таковы, что позволяют разработать эффективные методы их перестройки при изменении геометрии трещин. Конфигурация включений и отверстий определяется при помощи одной функции множества уровня, которая не требует никаких перестроений.

Описанный метод реализован в виде собственного пакета программ и рассмотрен на примере двумерной задачи о росте краевой трещины, соответствующей трещине нормального отрыва, в прямоугольной изотропной пластине с круглым вырезом, находящейся в условиях действия растягивающих нагрузок.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 17-01-00526).

Атомистическое моделирование процесса образования золото-кремниевых core-shell наночастиц

Лопаницына Н.Ю.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Куксин А.Ю.
ОИВТ РАН
lopanitsyna@phystech.edu

В настоящее время существует большой интерес к исследованию нанообъектов типа core-shell, так как такие частицы обладают уникальными свойствами, применение которым может быть найдено в биологии, химии, медицине. В частности, core-shell частицы, одной из компонент которых является благородный металл, а другой – диэлектрик или полупроводник, обладают оптическим резонансом в видимом диапазоне, где частота резонанса зависит от геометрических параметров частиц. Таким образом, частоту можно варьировать, меняя толщину слоя оболочки и соотношение между объемами компонент. Настраиваемый резонанс в видимом и ближнем ИК диапазоне может быть использован в рамановской спектроскопии, а также для улучшения биологических и химических сенсоров, оптических фильтров и оптических ловушек.

Золото-кремниевые частицы могут быть получены методом лазерной абляции, путем облучения ультракороткими лазерными импульсами многослойных пленок. Для того, чтобы синтезировать частицы с желаемыми характеристиками, необходимо понимать механизмы их формирования. В данной работе были рассмотрены процессы, происходящие при образовании золото-кремниевых наночастиц.

На начальном этапе протестированы различные модели потенциала взаимодействия золото-кремний и оценены значения величин, важных для моделирования процесса формирования частиц. Выполнено сравнение экспериментальных данных по температурам плавления и поверхностным натяжениям для чистых компонентов, с результатами, полученных для разных моделей. Проведена оценка скорости диффузии атомов золота и кремния в расплаве для разных потенциалов и сопоставлена с оценками этой же величины, сделанных на основе расчетов по теории функционала электронной плотности.

Выполнено МД-моделирование процессов, происходящих при формировании core-shell частицы. Выяснено, что при контакте жидкого золота и кристаллического кремния наблюдается плавление кремния в приповерхностном слое. Соотношение компонентов в расплаве и толщина расплавленного слоя зависят от температуры практически не зависят от концентрации золота в кристалле кремния. Из-за высоких коэффициентов диффузии компоненты расплава в наночастицах перемешиваются уже за времена менее ~ 1 нс, поэтому формирование структуры наночастиц обусловлено процессами, происходящими при кристаллизации. Проведено моделирование охлаждения системы жидкое золото - жидкий кремний. Было показано, что при скоростях охлаждения больших 1К/пс расплав золото-кремний аморфизуется, а при меньших скоростях - расплав кристаллизуется в поликристаллические структуры. В ходе кристаллизации образуются обедненные и обогащенные золотом зоны: атомы золота стремятся выйти на свободную поверхность и на межзеренные границы при охлаждении расплава.

Современные технологии и алгоритмы для построения математической модели кистей рук

Майзенберг Т.Л.
Научный руководитель – Серпичева Е.В.
МАИ, каф. 901
may.timur@yahoo.com

Современный уровень развития технологий позволяет строить математические модели объектов самых разных размеров и характеристик — от летательных аппаратов и архитектурных конструкций до биофизических процессов в теле человека. Однако, в основном моделирование используется в научных исследованиях и не является наглядным для обычного человека. В ситуациях, когда необходимо выполнить моделирование движения конечностей человека, практическое применение отходит на второй план, уступая первенство технологиям, разработанных для развлечений.

Существуют различные технологии для моделирования движения и положения человеческой руки в пространстве. Например, в системах «компьютерного зрения» используется комплекс из фотосенсоров различных конструкций. Такие системы успешно строят виртуальный скелета человека, ограничиваясь небольшим количеством элементов — руки и ноги в такой модели состоят всего лишь из двух сегментов. Чтобы система могла «видеть» и строить модель пальцев руки требуются дорогие сенсоры и большие вычислительные мощности. Подобные требования являются недопустимыми при проектировании и создании носимой электроники и портативных устройств.

Предлагаемый метод строится вокруг технологии считывания биоэлектрических потенциалов — электромиографии, появившейся в 1907 году благодаря работам Ганса Пипера. Потенциалы возникают в скелетных мышцах человека при возбуждении мышечных волокон. Используя комплекс из электромиографических датчиков, акселерометра и гироскопа, размещённых на предплечье руки, вместе с микропроцессором, операционными усилителями и другими радиоэлектронными

элементами, можно получить данные, достаточные для построения математической модели положения руки в пространстве.

Нейронные сети за последние десять лет исследований в моделировании и в решении задач механики прошли большой путь от адаптивных алгоритмов (решающих правил) до систем искусственных нейронов, имитирующих активность человеческого мозга. Обучаясь на готовых примерах, сеть «набирает опыт», на основе которого принимает решения в реальных задачах. Обработка механических движений и построение математической модели нейронной сетью позволит устройству «приспособиться» к пользователю и с большей, нежели при использовании обычных алгоритмов распознавания, точностью предсказывать положение руки. Система, централизованно обрабатывающая данные с множества устройств, позволит улучшить общее качество распознавания, основываясь на различных физических и физиологических условиях эксплуатации.

Области применения у такой технологии могут быть весьма разнообразными. Например, система, распознающая комплексные жесты может существенно улучшить качество жизни немых людей. После построения математической модели руки и нахождения соответствия в базе языка жестов, система воспроизводит соответствующее слово или букву через динамик, используя систему синтеза речи. Таким образом, немой пользователь устройства сможет общаться с окружающими синтетическим голосом.

Помимо своего прямого назначения, комплекс можно применять в альтернативных сценариях, например, для управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), роботами для работы в экстремальных условиях, проекционными интерфейсами. После проведения исследований по улучшению качества работы системы, её можно будет применять в медицинской практике.

Анализ распределения касательных контактных напряжений при качении с проскальзыванием по вязкоупругому основанию

Мифтахова А.Р.
Научный руководитель – академик РАН, д.ф.-м.н Горячева И.Г.
МФТИ, каф. МиПУ
mif-almira@yandex.ru

В данной работе рассматривается задача в пространственной постановке о качении жёсткой сферы по вязкоупругому основанию, механические свойства которого описываются одномерной моделью Кельвина.

Рассмотрим качение жёсткой сферы в направлении оси Ox с постоянной линейной скоростью и угловой скоростью по основанию, состоящему из вязкоупругого слоя толщины, сцепленного с жёстким полупространством. Для описания нормальной и тангенциальной податливости слоя используется модель Кельвина, обладающая ограниченной ползучестью. Предполагается, что в области контакта при качении возникают зоны сцепления и проскальзывания, в которых, соответственно, выполняются условие равенства перемещений и линейное соотношение между касательными и нормальными напряжениями (закон трения Кулона). Тангенциальные напряжения направлены противоположно скоростям проскальзывания.

Расчёт функций касательного напряжения в области контакта шара и основания проводится с помощью метода полос. Благодаря разбиению области контакта на полосы, ориентированные вдоль движения катящегося тела, метод полос позволяет перейти от исходной пространственной задачи к решению системы плоских задач. Для рассматриваемой модели вязкоупругого слоя этот метод является точным. В принятой модели вязкоупругого слоя нормальные и тангенциальные контактные напряжения не зависят друг от друга, поэтому при решении плоской задачи предварительно проводится расчёт распределения контактного давления на площадке контакта, затем касательного напряжения.

В ходе решения контактной задачи получены распределения нормальных и касательных перемещений в трёхмерном случае и определены границы зон сцепления и

проскальзывания. Проведён анализ влияния механических и геометрических характеристик вязкоупругого слоя, скорости качения, радиуса цилиндра, а также коэффициента трения скольжения на распределение нормальных и касательных напряжений на площадке контакта. Исследовался характер поведения функции распределения касательных напряжений в зависимости от величины относительного проскальзывания. Полученные результаты могут быть использованы при моделировании качения тел по полимерным покрытиям.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 14-29-00198).

Совершенствование конструкций устройств многопоточной 3D-печати по технологии FDM

Михрютин А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Михрютин В.В.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. МСиПФ
sachom@yandex.ru

В настоящее время широкое распространение получили различные технологии 3D-печати. Среди всех способов 3D-печати наиболее популярной является технология FDM. В ней расплавленный материал (чаще – пластик) подводится к точке печати, где он застывает, соединяясь с уже напечатанной моделью. В данной работе рассматривается разновидность FDM, использующая при печати пластики. При наиболее простой реализации такой технологии возможна печать только одним материалом только одного вида. Однако в ряде случаев возникает необходимость производить печать разными материалами. Поэтому наблюдается интенсивное развитие конструкций 3D принтеров в направлении создания устройств многопоточной печати. Целью данной работы является разработка конструкции быстродействующего устройства смены рабочих экструдеров для 3D принтеров.

На основе анализа научно-технической и патентной литературы выделено три группы устройств, осуществляющих печать пластиками нескольких цветов или материалов: устройства с несколькими экструдерами; устройства, подающие несколько нитей через одно сопло экструдера и устройства, окрашивающие используемый пластик в желаемый цвет. Наибольшую гибкость в выборе материала печати дают устройства, полученные добавлением дополнительных экструдеров и линий подачи. При этом конструкции, построенные на использовании нескольких рабочих сопел наиболее просты в реализации, но имеет ряд недостатков, обусловленных различием положений сопел экструзии пластика. Управляющая программа требует корректировки, а ошибка взаимного положения сопел переносится на модель, что приводит к взаимному смещению слоев пластика. Разновысотность расположения сопел может приводить к повреждению распечатываемой заготовки, смещению слоев и даже отрыву модели от платформы.

В данной работе предложена конструкция печатающего устройства, позволяющая использовать несколько экструдеров для многоцветной печати и при этом уменьшить риск отрыва детали от платформы. Минимальное количество экструдеров, используемых в предлагаемом устройстве – два, а максимальное ограничено только допустимыми габаритами устройства.

Устройство состоит из корпуса, закрепленного на каретке 3D-принтера. В корпусе выполнены направляющие экструдеров, расположенные по окружности вокруг поворотного вала с кулачком. В корпусах экструдеров установлены поводки, входящие в паз кулачка. Кулачок имеет профиль паза, обеспечивающий одновременное выдвижение только одного экструдера. Вал соединяется с приводным двигателем, управляемым системой числового программного управления. При получении команды на смену экструдера приводной двигатель поворачивает вал с кулачком на угол, соответствующий выдвижению требуемого экструдера. При этом требуется минимальный отвод от детали.

Кулачок обладает меньшей инерцией по сравнению с массивной кареткой, несущей все экструдеры, причем кулачок одновременно перемещает только один экструдер. Вал,

на котором закрепляется кулачок, соединяется с приводным двигателем, управляемым системой числового программного управления принтера. При получении команды на смену экструдера приводной двигатель поворачивает вал с кулачком на угол, необходимый для выдвижения требуемого экструдера.

Поскольку кулачок обладает меньшей инерцией по сравнению с массивной кареткой, несущей все экструдеры, причем кулачок одновременно перемещает только один экструдер, такая конструкция позволяет быстро менять рабочее сопло при уменьшенном риске повреждения детали по сравнению с жесткими конструкциями.

Метод цифровой обработки изображений для идентификации размеров и концентраций фаз композиционных материалов

Моргунова А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Бодрышев В.В.
МАИ, каф. 104
iv.morgunov@yandex.ru

Полимерные материалы и функциональные покрытия играют важнейшую роль в авиационно-космической и других отраслях техники и промышленности. Современная концепция разработки композиционных материалов связана с анализом структуры и проектированием необходимых свойств образца на стадии его синтеза. Наиболее перспективным направлением изучения свойств композиций является сочетание с одной стороны методов экспериментальных исследований, а с другой – математического моделирования свойств (механических, переносных и пр.), анализа концентраций и структурных особенностей фаз с помощью цифровой обработки изображений шлифов. Применение математических методов позволяет выработать планы, позволяющие свести количество экспериментов (в том числе дорогостоящих) к минимуму, а также оптимизировать состав композиции, и весь технологический процесс ее изготовления.

В работе предлагается метод отделения и оценивания размеров и концентраций фаз композиционного материала на основе первичной цифровой обработки серии изображений его шлифов, где критерием выступает интенсивность изображения.

Применяемый к матрице изображения алгоритм, позволяет получать полиграммы интенсивностей с адаптированными границами частичных интервалов, которые и отделяют фазы изучаемого материала. При этом высоты столбцов полиграммы равны относительным концентрациям соответствующих фаз. Финальная подстройка границ происходит за счет обработки серии изображений шлифов, где выставляется эффективный размах окна интенсивностей, учитываются размер и качество изображения.

Программно-алгоритмическая реализация методики выполнена в системе компьютерной математики MatLab (с применением пакета Image Processing Toolbox). Метод применялся для фазового анализа ряда жаростойких покрытий. В частности, для изображений шлифов покрытия Si-$TiSi_2$-$MoSi_2$-B-Y, полученных методом BSD (обратно-рассеянных электронов), было выявлено шесть основных фаз: матрица связующего компонента – Si (62.7%), барьерный слой – SiC (10.1%), включения: $Ti_{0,4}Mo_{0,6}Si_2$ (9.4%), $TiSi_2$ (9.0%), $Ti_{0,4}Mo_{0,6}Si_2$ (8.4%), TiB_2 (0.4%). Размеры снимков микроструктуры покрытия составляли 1024×768, и выполнены с разрешением 1.96 млн. dpi. Погрешность определения долей для одного шлифа не превышает 0.1%.

Свойства материала определяются его структурными особенностями, которые, в свою очередь, обусловлены не только долями и размерами образующих фаз, но также их формой и взаимным расположением. Исследование (с помощью методов кластерного анализа) геометрической формы и расположения фаз позволит качественно прогнозировать свойства материала, а верификация прогноза с данными эксперимента – существенно сократить количество экспериментов и на стадии синтеза, заменив их сопоставлением и статистической обработкой данных по разным шлифам. В конечном счете, появляется возможность управляемого подбора варианта структуры проектируемого материала.

Таким образом, предлагаемый метод реализует один из важнейших этапов анализа структуры композиционного материала.

Исследование влияния поля напряжений, создаваемого зернограничными дислокациями, на внутризеренное дислокационное скольжение

Озерных В.С.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Волегов П.С.
ПНИПУ, каф. ММСП
ozernykh@yandex.ru

Для реальных материалов и конструкций, как правило, не допускаются такие эксплуатационные режимы, в которых начинаются неупругие деформации. Границы диапазона предельных нагрузок и температур, в котором может эксплуатироваться тот или иной материал, определяет величина предела текучести материала. В связи с этим, необходимо разрабатывать такие способы повышения предела текучести материала, которые при этом не приводили бы к ухудшению других физико-механических параметров материала.

При интенсивных неупругих деформациях поликристаллических материалов важно учитывать эволюционирующую внутреннюю структуру материала, в частности – появление внутренних полей напряжений, «тормозящих» или «разгоняющих» дислокации, а, следовательно, приводящие к процессам упрочнения или разупрочнения на мезоуровне. Особое значение при этом имеют поля напряжений, которые возникают вблизи границ зерен в результате формирования сложных дефектных структур в приграничной области.

В процессе неупругого деформирования решеточные дислокации движутся из одного зерна в другое через границу; при этом в границе остается дислокация ориентационного несоответствия (ДОН), которая приводит к появлению зернограничной дислокации (ЗГД). ЗГД создают поля напряжений, препятствующие дальнейшему движению дислокаций по кристаллографическим системам скольжения. Предполагается, что это поле «внутренних напряжений» может как затруднять движение дислокаций, подходящих к границе, так и облегчать движение дислокациям, движущимся от границы.

Для определения влияния поля напряжений, создаваемых ДОНами, на внутризеренные дислокации, считается, что дислокации распределены по всему объему зерен равномерно, характерная плотность дислокаций составляет порядка 10^{10} $см^{-2}$, что характерно для материалов, прошедших интенсивные неупругие деформации. С учетом среднего размера зерна 50 мкм вычислено среднее расстояние между дислокациями на системах скольжения (порядка 0,01 мкм). Рассматривались малоугловые границы наклона с углом разориентировки в 10 градусов. Исходя из этих данных, рассчитано среднее поле напряжений, создаваемое дислокациями ориентационного несоответствия внутри зерна. С помощью соотношения Шмида проведен расчет касательного (в иностранной литературе – «обратного») напряжения на системах скольжения, создаваемого совокупностью ДОНов.

Проведена оценка влияния поля напряжений ЗГД на дислокации, находящиеся на различном расстоянии от границы (в частности – вблизи текущей и противоположной границы). Получено, что появление поля напряжений ЗГД может привести к блокировке системы скольжения в направлении к границе, что в свою очередь, может способствовать появлению микротрещин в материале, которые оказывают существенное влияние на процессы накопления поврежденности и развитию процессов разрушения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ МК-1298.2017.1.

Применение метода дискретных элементов для моделирования взаимодействия гранулированной среды с преградой

Орлов А.И.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Шушпанников П.С.
МАИ, каф. ИФ; ИПМех РАН
alexandr4702@mail.ru

Навалы льда, образуемые дрейфующим ледяным покровом перед преградами, и надвиги льда на берега представляют собой опасные природные явления, которые должны быть учтены при проектировании обустройства морских месторождений углеводородов в арктических районах. В целях обеспечения проектирования необходимо предсказывать, например, такие характеристики как предельная высота навала перед преградой, возникающая при этом нагрузка на преграду, возможность вторжения битого льда на рабочие площадки морских платформ и искусственных островов и др.

Принимая во внимание, что одним из традиционных подходов к описанию совокупности несмерзшихся ледяных обломков является её моделирование как связной сыпучей среды, логичным представляется применение метода дискретных элементов (DEM) для имитационного моделирования процесса формирования навала льда. Эффективность этого метода при описании динамического или квазистатического изменения конфигурации сыпучей среды по сравнению с методом конечных элементов (FEM) обусловлены тем, что для предсказания перемещения (обычно, квазистатического) за короткое время отдельного физического тела, образованного из материала с высокой жёсткостью, нет необходимости анализировать напряженно-деформированное состояние внутри этого элемента. Напротив, требуется корректно описать поверхностные силы, которые реализуются при взаимодействиях контактного типа с другими элементами. Таким образом, при численной реализации метода DEM фокус должен быть направлен именно на моделирование контакта.

В настоящей работе для моделирования процесса формирования навала, опирающегося на твёрдое основание, и оценку наблюдаемых при этом нагрузок на преграду используется программный комплекс (ПК) с открытым исходных кодом Yade (www.yade-dem.org). Дискретные элементы, доступные в ПК Yade, имеют форму шара. Каждая частица характеризуется 6 степенями свободы: 3 поступательными и 3 вращательными степенями свободы. Контакт между частицами моделируется введением между ними специальных связей. Будучи установленными контактные связи могут иметь конечную прочность. Заметим, что имеющиеся в ПК Yade контактные связи позволяют передавать от частицы к частице не только сосредоточенные силы, но и моменты. Последнее особенно важно при моделировании сплошных упругих тел набором дискретных элементов.

В рамках ПК Yade движение частиц описывается основными уравнениями динамики. Уравнения решаются с использованием явной численной схемы.

В работе установлены соотношения между упругими модулями сплошного тела, моделируемого совокупностью дискретных элементов, и жёсткостями контактных связей, устанавливаемыми между элементами. Полученные соотношения верифицированы задачей об изгибе балки. При этом прогибы балки, составленной из дискретных элементов, совпадают с прогибами, вычисленными с использованием аналитического решения соответствующей задачи теории упругости. Выполнен модельный расчёт наползания ледового поля, моделируемого совокупностью дискретных элементов, на наклонную преграду. При этом изначально сплошное ледовое поле разрушается на отдельные блоки в процессе наползания. Продемонстрировано образование навала и установлены основные механизмы его образования.

Применение задачи о собственных колебаниях к оптимизации диссипативных характеристик электроупругих конструкций с внешними электрическими цепями

Ошмарин Д.А.
Научный руководитель – академик РАН, д.т.н. Матвеенко В.П.
ИМСС УрО РАН, ОКПМДТТ
oshmarin@icmm.ru

При проектировании современных навигационных, авиационных и аэрокосмических систем, элементов микросистем актуальной является проблема демпфирования колебаний при любых видах внешнего воздействия. Поскольку к данным системам зачастую предъявляются достаточно серьезные требования по ограничению массогабаритных параметров, использование традиционных механических демпферов не всегда приемлемо.

В последние несколько десятилетий широкое распространение в различных областях науки и техники получили так называемые smart-конструкции, основной особенностью которых является их способность целенаправленно изменять свои свойства под воздействием внешних факторов. Возможность осуществления такими конструкциями smart-функций реализуется использованием в них материалов, изменяющих свои механические характеристики при немеханическом воздействии на них (сплавы с памятью формы, пьезоэлектрики, магнитные эластомеры и т.п.).

Для решения задач управления динамическим поведением конструкций наиболее часто используются пьезоматериалы, обладающие прямым и обратным пьезоэффектом. Одним из подходов, позволяющих успешно применять пьезоматериалы для демпфирования колебаний, является использование внешних пассивных электрических цепей, присоединенных к электродированным поверхностям пьезоэлектрика. В этом случае пьезоэлектрический элемент, присоединенный к конструкции, будет выступать в качестве преобразователя механической энергии колебаний в электрическую, которая будет рассеиваться во внешней шунтирующей цепи в виде тепла или электромагнитного излучения. Варьируя параметры пьезоэлемента и элементов внешней электрической цепи, можно добиться существенного снижения амплитуды колебаний конструкции на определенной частоте либо в заданном частотном диапазоне.

При использовании данного способа демпфирования необходимо решить ряд задач, связанных с выбором оптимальной геометрии пьезоэлементов, их количества, месторасположения в конструкции, конфигурации и параметров внешней электрической цепи и т.д. Для решения данных задач одним из наиболее удобных инструментов является численное моделирование на основе метода конечных элементов.

Для решения поставленной задачи оптимизации диссипативных характеристик smart-конструкций с помощью зашунтированных внешними электрическими цепями пьезоэлементов предложена математическая постановка задачи о собственных колебаниях электроупругих тел с внешними электрическими цепями.

В рамках данной постановки разработан численный алгоритм, позволяющий определять комплексные собственные частоты колебаний такого рода конструкций и реализованный в виде программы на языке FORTRAN с использованием возможностей пакета прикладных коммерческих программ ANSYS. Этот алгоритм позволяет определять размещение пьезоэлемента на конструкции, а также производить подбор параметров внешних шунтирующих электрических цепей, обеспечивающих наиболее эффективное демпфирование колебаний конструкции на заданной частоте либо на нескольких частотах. Эффективность предлагаемой методики продемонстрирована на ряде плоских (пластинки) и пространственных (оболочки) объектов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-01-03976-а).

Аддитивное формирование стареющих вязкоупругих тел конической формы в условиях осевого растяжения-сжатия

Паршин Д.А.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Манжиров А.В.
ИПМех РАН, лаб. моделирования в МДТТ; МГТУ им. Н.Э. Баумана, каф. ФН-2
parshin@ipmnet.ru

Аддитивное формирование твердых тел реализуется в самых разнообразных природных и технологических процессах. Многие из этих процессов целесообразно рассматривать как процессы непрерывного роста, при которых во время формирования тела за каждый бесконечно малый промежуток времени к его поверхности присоединяется бесконечно тонкий слой дополнительного материала. В ходе аддитивных процессов на формируемые тела воздействуют различные факторы, вызывающие их деформирование. Развитие напряженно-деформированного состояния таких тел принципиально невозможно описать в рамках классических представлений механики сплошной среды. Это объясняется отсутствием у непрерывно растущего тела натуральной конфигурации, с которой связано введение мер деформации. Адекватное описание механического поведения твердых тел, деформирующихся в процессе их непрерывного роста, может быть дано на основе активно развиваемых в последнее время подходов и методов механики растущих тел.

Настоящая работа посвящена изучению процессов аддитивного формирования тел конической формы, достаточно протяженных в осевом направлении, при одновременном действии на их торцевые поверхности нагрузки, статически эквивалентной осевому растяжению-сжатию силой, в общем случае переменной во времени. Формирование рассматриваемого тела осуществляется путем его утолщения в радиальном направлении за счет притока дополнительного материала к боковой поверхности. Этот процесс протекает кусочно-непрерывным образом, то есть состоит из произвольного числа этапов непрерывного наращивания, перемежающихся произвольными по продолжительности паузами, в течение которых приток материала отсутствует. Предполагается, что формируемое тело проявляет свойства деформационной наследственности и старения (ослабления со временем деформационных свойств независимо от действующих в теле напряжений), поэтому во время пауз в процессе роста, а также после его окончательного прекращения сформированное тело продолжает изменять свое напряженно-деформированное состояние. Задача решается в квазистатической постановке в приближении малых деформаций. Последнее дает основания считать радиусы расширяющихся за счет притока дополнительного материала торцов растущего тела известными функциями времени, предписанными конкретным моделируемым процессом роста. При этом сам этот процесс считается таковым, что притекающий к поверхности формируемого тела дополнительный материал не приобретает отличных от нуля напряжений в момент его включения в состав этого тела. Разность между радиусом одного из торцов тела и радиусом другого его торца может в процессе роста тела изменяться произвольным образом как по величине, так и по знаку.

В работе поставлена неклассическая начально-краевая задача линейной теории вязкоупругости однородно стареющих изотропных сред, описывающая моделируемый процесс кусочно-непрерывного роста при интегральном удовлетворении силовому условию на торцевой поверхности формируемого тела. Доказана лемма о возможности переноса в условиях поставленной задачи произведения оператора дифференцирования по времени на интегральный оператор вязкоупругости с зависящим от точки тела пределом интегрирования по времени под знак интеграла по произвольной расширяющейся за счет наращивания поверхности внутри или на границе растущего тела. С ее помощью построено замкнутое аналитическое решение поставленной задачи механики растущих тел, позволяющее проследить эволюцию напряженно-деформированного состояния рассматриваемого тела во время и по окончании процесса его аддитивного формирования. Приведены результаты числовых расчетов для различных скоростных режимов протекания этого процесса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 17-08-01720-а, 17-51-80010-БРИКС_а, 17-51-45054-ИНД_а) и ОЭММПУ РАН (программа № 12).

Исследование влияния радиусов закругления при выдавливании коробчатых деталей для корпусов оптико-электронных систем

Петрухин Н.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Коротков В.А.
ТулГУ, каф. МПФ
Wildtor@yandex.ru

На данный момент существует несколько основных технологических схем изготовления корпусов для оптико-электронных систем. Но из-за своей сложной геометрической формы, оптимизация технологических процессов имеет ряд проблем, с которыми необходимо бороться в целях получения значительного экономического эффекта.

Проанализировав основные этапы изготовления корпусов рассматриваемого изделия, был сделан вывод, что наиболее предпочтительной и целесообразной является технология холодного выдавливания коробчатых корпусов из стали с использованием специальной конструкции штампа и геометрии рабочего инструмента. Проведены теоретические и экспериментальные исследования по выявлению оптимальной геометрической формы корпусов с целью повышения стойкости инструмента и снижения технологической силы, которые указывали что наравне с толщиной стенки детали важными факторами, оказывающим сильное влияние на исследуемые параметры, являются радиусы закругления на ребрах корпуса при обратном выдавливании.

Известно, что низкая стойкость инструмента является одним из главных недостатков при внедрении и рационализации процессов холодного выдавливания. Проведя экспериментальные исследования в программном комплексе Qform 3D, удалось установить, что, меняя радиус закругления на ребрах корпуса, можно снизить технологическую силу на 20%, а так же повысить стойкость инструмента в 1.5 раза по сравнения с существующей геометрией корпусов оптико-электронных систем. Кроме того, можно наблюдать значительное упрочнение металла, что положительно сказывается на эксплуатационных характеристиках изделия. Исследования проводились для материала Сталь 10, что дает расширенные возможности для разработки рекомендаций по оптимизации технологии в условиях крупносерийного производства.

В дальнейшем планируется провести многофакторный эксперимент для установления наиболее влияющих на технологическую силу и стойкость инструмента (при использовании метода холодного обратного выдавливания коробчатых деталей) факторов и параметров наряду с радиусами закругления, что позволит создать оптимальную для выдавливания геометрическую форму корпусов оптико-электронных систем, которая не будет терять своих функциональных качеств.

Об описании эффекта Портевена – Ле Шателье с использованием прямой трехуровневой модели

Попов Ф.С.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м. н. Трусов П.В.
ПНИПУ, каф. ММСП
popovfyodor@yandex.ru

Большинство технологических процессов переработки металлов и сплавов осуществляется методами обработки давлением, в ходе которых имеют место различные эффекты, как положительные, например упрочнение, так и негативные, к которым можно отнести возникновение различных неустойчивостей, в том числе – эффект Портевена – Ле Шателье (ЭПЛШ). Основываясь на физике твердого тела и экспериментальных данных можно констатировать, что возникновение ЭПЛШ связано в первую очередь с диффузией примесных атомов и взаимодействием последних с дислокациями. Для исследования указанного эффекта в работе предлагается использовать многоуровневую модель, основанную на физической теории упруговязкопластичности. В большинстве известных моделей, основанных на физических теориях, процесс деформирования связывают с

эволюцией микроструктуры материала, где основными факторами, определяющими пластическое деформирование, является движение дислокаций, их взаимодействие как с друг другом, так и с атомами примеси. Однако соотношения, используемые для описания данных процессов, явным образом не учитывают указанных механизмов взаимодействия. В связи с этим разработка модели для описания ЭПЛШ, включающей в рассмотрение в явном виде диффузию примесных атомов, представляется актуальной задачей.

При изготовлении современных деталей корпусов чаще всего используются металлические сплавы с неограниченной растворимостью, которые подвергаются штамповке для получения нужной формы. Однако при повышенных температурах и низких скоростях деформирования имеет место ЭПЛШ, который обусловливается процессами взаимодействия дислокаций как друг с другом, так и с атомами включенного материала в сплаве, а именно – динамическим деформационным старением. Исходя из теории дефектов, следует, что дислокации в материале не движутся непрерывно, большую часть времени они заторможены на различных препятствиях, а при достижении порогового значения касательных напряжений движутся к следующему препятствию со скоростью звука. Препятствия могут быть образованы облаками примесных атомов, барьерами Ломера–Коттрелла, двойниковыми прослойками, включениями жестких фаз и т.д. В настоящей работе реализуется прямая модель (1-го типа), позволяющая корректно учитывать взаимодействия элементов различных масштабных уровней. Заметим, что в прямых моделях каждое зерно поликристаллического представительного объема описывается совокупностью конечных элементов. В рамках создания модели разработана подмодель взаимодействия дислокационных структур и атомов примеси на основе механизмов мобилизации и иммобилизации дислокаций, образования барьеров, а также механизма диффузии для учета пространственного расположения точечных дефектов и их скоплений. Подмодель опирается на понятия плотностей дислокаций и средней скорости движения дислокаций по системам скольжения, с которым удобно работать при рассмотрении различных взаимодействий дислокаций.

На основе разработанной модели возможно рассмотрение эффекта упрочнения и других эффектов, возникающих в процессе пластического деформирования.

Сравнительный анализ порошков для аддитивных технологий

Раткевич Г.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Афанасьева Л.Е.
ТвГТУ, каф. ТМиМ
germanstoz@gmail.com

Преимуществом аддитивных технологий производства изделий по сравнению с методами традиционной порошковой металлургии и обработкой на станках с ЧПУ является то, что изделия производятся на основе компьютерной модели, это позволяет оперативно рассматривать многовариантные конструкторские и технологические решения. При расчетах реальных затрат на изготовление изделия, аддитивные технологии оказываются более экономически выгодными, чем традиционные. В настоящее время наибольшее распространение получили технологии селективного лазерного плавления (SLM), селективного электронно-лучевого плавления (EBM). Эти технологии основаны на избирательном плавлении слоя порошка, нанесенного на подложку. Практическое применение и широкое распространение аддитивных технологий требует углублённого изучения структуры и свойств как синтезируемых материалов, так и исходных порошков. В связи с развитием аддитивных технологий, возрастает мировая потребность в порошках исходных сплавов. Отечественная металлургия гранул впервые начала развиваться в конце 60-х - начале 70-х годов во Всероссийском институте легких сплавов (ОАО «ВИЛС») под руководством академика Л.Ф. Белова. Для получения порошков наиболее широкое распространение получили следующие способы: диспергирование расплава инертным газом высокого давления (Atomizing); диспергирование быстровращающейся литой заготовки высокотемпературной плазменной струей (PREP).

В настоящей работе представлен анализ порошков сплава титана Ti-6Al-4V, быстрорежущей стали Р6М5 (М2), никелевых сплавов, полученных методами газоструйного и центробежного распылений. Проведены металлографические исследования структуры, микротвердости и морфологии поверхности отдельных гранул. Определен гранулометрический состав. Микрошлифы исследуемых порошков готовили по стандартной технологии: предварительно заливали эпоксидной смолой с отвердителем и последовательно шлифовали и полировали поверхность на алмазных пастах различной зернистости. Микроструктуру гранул сплава титана выявляли химическим травлением путем протирания свежеприготовленным реактивом (16 мл HNO_3; 16 мл HF; 68 мл глицерина); быстрорежущей стали – длительным травлением в 7 % растворе HNO_3, никелевых сплавов – реактивом 20 мл HCl, 20 мл H_2O, 4 г $CuSO_4x5H_2O$. Микроструктуру исследовали методами оптической и растровой электронной микроскопии на микроскопе JEOL 6610LV (Япония). Для проведения микрохиманализа использовали энергодисперсионный спектрометр INCA Energy++ фирмы Oxford Instruments. Микротвердость измеряли на микротвердомере ПМТ-3 вдавливанием в поверхность материала алмазного индентора в виде четырехгранной пирамиды согласно ГОСТ Р 8.748-2011.

Показано, что порошки, полученные методом газоструйного распыления, имеют гранулометрический состав, изменяющийся в широких пределах. Поверхность частиц шероховатая с сателлитами, что может снижать текучесть и стабильность насыпной плотности. Порошки, полученные методом центробежного распыления, имеют более однородный гранулометрический состав. Частицы обладают правильной сферической формой. Характеристики используемых порошков, такие как гранулометрический состав, пористость, наличие неметаллических включений наряду с технологическими параметрами аддитивных технологий будут оказывать значительное влияние на структуру и свойства синтезируемых изделий.

Моделирование осесимметричного наращивания труб

Романов А.А.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Манжиров А.В.
ИПМех РАН
malimo93@gmail.com

С развитием техники и технологий происходит увеличение количества функций устройств и их усложнение, вследствие чего значительно повышаются требования, предъявляемые к прочности и долговечности машин, конструкций и механизмов. Для обеспечения условий, позволяющих выполнять новые, более сложные задачи, необходимы методы точного расчета напряженного состояния и распределения различных полей в узлах машин и конструкций. Многие свойства, например, долговечность и прочность изделий зависят от процесса получения деталей. Одним из новых и перспективных способов изготовления изделий являются аддитивные технологии, поэтому изучение процессов, происходящих при их использовании, представляет собой важную задачу для развития техники. В литературе можно встретить считанное число публикаций, посвященных рассмотрению численной реализации моделей наращивания материала, и чаще всего используются модели статики или квазистатики упругого тела для описания подобных задач.

В работе рассматривается одномерная задача механики растущих тел и предлагается метод ее решения на основе метода конечных элементов (МКЭ). Задача состоит в определении напряженно-деформированного состояния упругого растущего полого цилиндра (трубы) в случае плоской деформации и осевой симметрии. На внутреннюю поверхность цилиндра действует распределенное давление $p(t)$, а к внешней поверхности происходит приток материала, осаждающегося с натягом или без, вследствии чего внешний радиус цилиндра увеличивается. Зависимость $p(t)$ может быть как непрерывной, так и гладкой функцией. Основные уравнения записаны относительно

скоростей основных величин. Решение задачи ищется при предположении о малости деформаций и изотропности материала цилиндра.

В ходе работы получены численные значения в конечном наборе точек и аналитические зависимости для функций напряжений, деформаций и радиального перемещения. Решение, полученное в ходе моделирования, численно равно аналитическому, что дает возможность предположить высокую сходимость метода. Можно полагать, что рассматриваемый подход применим для расчета и более сложных задач. Представлены графики напряжений, деформаций и радиального перемещения. Рассмотрено влияние различных функций формы на численное решение. Для расчетов использовалась среда Matlab, также написана программа на языке C++ для более быстрого поиска решения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-19-01257).

Комбинированное нагружение цилиндра из несжимаемого анизотропного материала

Рудаков В.В.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Соколова М.Ю.
ТулГУ, каф. ВММ
rudakov93@mail.ru

Рассматривается анизотропный цилиндр, находящийся под воздействием крутящего момента и осевой силы. Одним из основных отличий анизотропных материалов является тот факт, что даже при малых деформациях цилиндра с круговым поперечным сечением искажаются как поперечные, так и продольные сечения. Искажения определяются расположением главных осей анизотропии и типом симметрии свойств материала.

Материал цилиндра полагается цилиндрически ортотропным. Цилиндрическая ортотропия представляет собой криволинейный вид анизотропии, характеризующийся тем, что для разных его точек эквивалентными являются не параллельные, а подчиненные каким-то другим закономерностям направления. Моделирование поведения цилиндра в соответствии с общей схемой нагружения позволяет рассмотреть два частных случая, которые соответствуют схемам известных экспериментов [1]. Схемы нагружения, соответствующие кручению цилиндра с зажатыми и со свободными торцами, могут быть реализованы в экспериментах со сплошными цилиндрами [2]. Рассмотрены цилиндры из однородного материала, а также цилиндры из материалов, обладающих неоднородностью свойств в направлении радиуса. Примером такой неоднородности является изменение свойств материала древесины, связанное с различной плотностью годичных колец.

В результате проведенных расчетов в рамках тензорно-линейных определяющих соотношений для несжимаемого анизотропного материала получено аналитическое решение задачи для однородного и неоднородного в отношении упругих свойств сплошного цилиндра. Проведен анализ влияния неоднородности свойств цилиндра на распределение напряжений по его радиусу.

Выполнен расчет осевой силы и крутящего момента для однородного и неоднородного цилиндров. Абсолютные значения этих характеристик могут меняться с учетом неоднородности упругих свойств цилиндра. В частности, если упругие константы в наружных слоях цилиндра меньше, чем во внутренних слоях, то абсолютная величина момента возрастает, а абсолютная величина осевой силы увеличивается при растяжении и уменьшается при сжатии. Если же упругие константы в наружных слоях цилиндра больше, чем во внутренних слоях, то абсолютная величина осевой силы увеличивается при сжатии и уменьшается при растяжении, а абсолютная величина момента уменьшается.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (15-01-01875_а).

1. Белл Дж.Ф. Экспериментальные основы механики деформируемых твердых тел. Часть II. Конечные деформации – Москва, 1984. – 432 с.

2. Соколова М.Ю., Рудаков В.В. Конечные деформации сплошного цилиндра из несжимаемого упругого анизотропного материала. Известия ТулГУ. Технические науки. 2016.Вып.11. Ч.1 С.253-266.

Моделирование и исследование физико-механических свойств древесного композита

Румачик М.М.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Полилов А.Н.
профессор, д.т.н. Шамаев В.А.
ИМАШ РАН, спец. 01.02.06
makcimilian@bk.ru

Простота технологических процессов и большие ресурсы древесины на территории Российской Федерации позволяют получать упрочненную древесину, которая способна конкурировать по своим физико-механическим характеристикам даже со сталями.

В данной работе производится попытка математического моделирования процесса формования древесной заготовки, исследование анизотропии механических свойств на параметры напряженно-деформированного состояния в процессе формования, а также исследование физических и механических свойств получаемого материала. В нулевом приближении в данной работе не рассматривается влияние годичных колец и различных дефектов: сучков, криволинейное направление волокон, неоднородность по длине и ширине волокон и др.

В ИМАШ РАН в лаборатории безопасности и прочности композитных материалов исследуются различные образцы упрочненной древесины с не менее «прочным» названием - «древсталь». Образцы испытываются не только на растяжение и сжатие, - что позволяет оценить высокие показатели на начальном этапе, но и более сложные в реализации эксперименты - изгиб и кручение. Полученные данные обрабатываются и сравниваются с другими конструкционными материалами.

Попытка математически описать несколько стадий технологических режимов процесса получения упрочненной древесины необходимо для выбора наилучших по качеству получаемых образцов.

Перспектива данного материала очевидна, так как изготовление подобных материалов несложно технологически: на начальных стадиях заготовки пропитываются специальным раствором, а после производится поперечное сжатие совместно с продольным для выгона лишней влаги. Таким образом волокна материала прилегают плотнее друг ко другу, резко повышая прочностные свойства материала.

Поскольку любой древесный материал изначально уже анизотропен, следует грамотно выбирать направления распилов материалов и дальнейшего направления прессования. Эмпирический метод подбора давления прессования, концентрации пропиточного материала, породы древесины позволяют найти максимум прочностных свойств. При этом варьируя данными параметрами можно «создавать» материалы с заведомо интересующими нас характеристиками.

При исследовании древесного композита поднимаются вопросы не только об эффективности и необходимости использования данного материала, но также и о тонкостях проведения экспериментальных исследований. Следует отметить, что в данной работе применяется сложное лабораторное оборудование, в том числе и видеоэкстензометр. Поэтому данная работа найдет заинтересованных лиц не только среди механиков, специалистов по прочности и экспериментаторов, но также и технологов, и тех, кто проявляет интерес к описанию процессов математически.

Исследование влияния линии спая на прочностные характеристики изделий из композиционных материалов, армированных короткими волокнами

Садыкова В.О., Спирина М.О.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Куркин Е.И.
Самарский университет, каф. КиПЛА
vladislaava.s@yandex.ru

Короткоармированные композиты используются для изготовления элементов сверхлегких конструкций сложной топологии. К достоинствам таких материалов можно отнести высокую прочность при низкой плотности, устойчивость к воздействию агрессивных сред, низкую материалоемкость изготовленных из них изделий, высокую технологичность и работоспособность в широком диапазоне температур и напряжений. При литье изделий сложной топологии в случае объединения потоков после обтекания препятствий образуются линии спая. Исследована линия спая на примере литья пластины 80 х 80 х 4 мм с отверстием треугольной формы.

Первым уровнем моделирования изделия является описание инжекционного литья в системе Moldex3D, в которой использованы модули Disigner для построения конечно-элементной модели, Fiber – для учета ориентации волокон в процессе заполнения литьевой формы и Flow – для гидродинамического расчета литья. Результатами являются время прохождения фронта литья, распределение давления и температуры расплава, расположение линии спая и значение компонент тензора ориентации армирующих волокон. Вторым уровнем модели является выборка и сохранение информации об ориентации волокон, располагающихся в месте вырезки образцов с помощью модуля Digimat MAP, что позволяет описать вырезку образцов из пластины, полученной методом литья под давлением. Третьим уровнем модели является расчёт напряжённо-деформированного состояния образцов в системе ANSYS с использованием анизотропного материала Digimat Material и учёт ориентации армирующих волокон, передаваемой через ANSYS Digimat Wizard.

Проведено исследование двух вариантов раскроя пластины – когда образец располагается на расстоянии 15 мм от препятствия и на расстоянии 65 мм от препятствия. Линия спая при удалении от препятствия перестает оказывать влияние на напряженно-деформированное состояние изделия. Удаление образца от препятствия с 15 мм до 65 мм приводит к снижению эквивалентных напряжений в образце с 437,5 МПа до 423,9 МПа, что говорит об упрочении образца, не содержащего линию спая. Линия спая приводит к неравномерности механических характеристик материала, что стало причиной асимметричной деформации ближайшего к препятствию образца при симметричном приложении растягивающей нагрузки.

Рассмотрено два технологических режима литья, отличающихся температурой оснастки в процессе литья и температурой нагрева материала. Во втором режиме температура оснастки увеличена с 80°С до 100°С, температура нагрева материала увеличена с 260°С до 300°С. Исследования показали, что ближайший к препятствию образец, содержащий линию спая, изменил свои механические характеристики под воздействием линии спая сильнее, чем наиболее удаленный образец. Максимум эквивалентных напряжений вырос для ближнего к препятствию образца в 8,42 раза больше, чем вырос максимум эквивалентных напряжений для удаленного образца.

При проектировании изделий сложной топологии необходимо учитывать вопрос образования линии спая, поскольку линия спая влияет на механические характеристики изделий. Линии спая рекомендуется располагать вне ответственных областей изделий, поскольку они могут не обладать необходимой прочностью при ударных или усталостных нагрузках, при воздействии химических веществ.

Оценка степени влияния сил трения для различных схем деформирования при холодном выдавливании мелкогабаритных корпусов

Самсонов Н.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Платонов В.И.
ТулГУ, каф. МПФ
SamsonovNA9@yandex.ru

Современное производство различных мелкогабаритных осесимметричных корпусов отличается широким спектром используемых технологий получения необходимых деталей: обработка резанием, литье, штамповка и т.д. В наши дни перед конструкторами и технологами ведущих высокотехнологичных предприятий Тульской области стоит задача по внедрению наиболее высокоэффективных методов обработки металлов с целью снижения технологических издержек и повышения качества конечной продукции. Актуальность углубленного анализа и исследований ученых в данном направлении с течением времени возрастает, создавая новые области и направления исследований.

Холодное выдавливание, как технологический процесс, имеет значительные преимущества при внедрении в производство: повышение производительности труда (за счет внедрений специальных конструкций штампов и высадочных автоматов), улучшение качества получаемых деталей, интенсификация производства, снижение вредных производственных факторов, негативно влияющих на здоровье человека и состояние окружающей среды, значительное повышение коэффициента использования металла. В данной работе проанализированы и исследованы две основные технологические схемы с применением холодного выдавливания: прямое и обратное выдавливание. В программном комплексе QForm 3D разработаны и созданы две модели для обоих типов выдавливания. Установлено, что при прямом выдавливании цилиндрической заготовки значительно возрастает технологическая сила деформирования (для стали 10 составляет 23 МН) по сравнению с использованием схемы обратного выдавливания (для стали 10 составляет 18 МН). Также найдены различия в напряжениях на контактных поверхностях рабочего инструмента, которые показали, что использование поясков на пуансоне и матрице значительно снижает технологическую силу деформирования и повышает стойкость оснастки. Проведен литературный обзор, позволивший найти объяснение явлению повышения технологической силы деформирования при прямом выдавливании, создана и смоделирована оптимальная геометрия штамповой оснастки для выдавливания необходимых изделий, а также разработаны основные рекомендации по технологическим параметрам, проектированию и производству таких изделий с использованием специальной технологии холодного обратного выдавливания.

Исследование давления и повреждаемости при пневмоформовке листовых конструкций с прямоугольными каналами

Серегина А.С., Матасов И.И.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ларин С.Н.
ТулГУ, каф. МПФ
mpf-tula@rambler.ru

качестве обшивки корпусов космических аппаратов используют панели включающие в себя различное количество слоев. Материалами этих панелей служат легкие и стойкие к внешним воздействиям титановые и алюминиевые сплавы. Эти изделия монтируются на внутренних и наружных поверхностях корпусов приборных и специальных отсеков. Кроме того данные панели используют для обеспечения постоянства температуры в отсеке. Их называют радиаторными. Каждая такая панель состоит из двух плотно и без зазоров наложенных друг на друга листа. Эти панели должны иметь каналы, либо цилиндрической, либо прямоугольной формы, по которым должен двигаться теплоноситель. Возможно получение таких панелей, как методами механической обработки, так и методами штамповки. Наилучшим вариантом их

получения можно считать штамповку, в частности их формоизменение и диффузионную сварку силой давления инертных газов в специальных камерах в условиях постоянных высоких температур. Температура обработки, прежде всего, зависит от свойств формуемого материала.

В данной работе планировалось установление влияния механических свойств формуемых сплавов, конечной геометрии получаемого канала и скоростных параметров оборудования на изменение напряжений в листе, удельное давление, качественное заполнение углов при формировании цилиндрических каналов в двуслойных конструкциях.

Предполагалось, что процесс формирование цилиндрических полостей состоит из двух частей. Первая часть это процесс, при котором формуемой участок листа не имеет контакта с поверхностью матрицы, т.е. свободная формовка. Второй – при котором поверхность формуемого листа соприкасается со стенками матриц, но еще не происходило заполнение углов. Наибольший интерес с точки зрения исследований формовки представляет из себя заполнение углов инструмента. Перед расчётом, в качестве начальных параметров, заданы: давление газа, высота канала, толщина листа и угол, характеризующий положение исследуемой точки в угле изделия. Деформация принималось плоской. Деформированное состояние – равномерное. Проведено математическое моделирование по результатам которого получены выражения для оценки давления формовки, повреждаемости и напряженно-деформированного состояния.

По полученным выражениям получены качественные зависимости изменения напряжённо-деформированного состояния, давления формовки и повреждаемости от различных факторов процесса. Установлено, что значение эквивалентной скорости деформирования на стадии заполнения угловых элементов плавно падает. Относительная величина давления линейно растет в процессе формовки. Давление на стадии заполнения угловых элементов увеличивается более чем в 4 раза относительно давления свободной формовки. Повреждаемость увеличивается на протяжении всей формовки.

Выявлено, что на стадии свободной формовки происходит резкое увеличение относительной величины эквивалентного напряжения. Во время заполнения угловых элементов наблюдается резкое уменьшение величин напряжений, а затем плавное увеличение.

Работа выполнена в рамках грантов РФФИ № 16-48-710016 и № 16-08-00020.

Исследование подвижности краевой дислокации в молибдене при механической нагрузке

Серенко Н.С.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Стариков С.В.
ОИВТ РАН, Москва
nikita.serenko@phystech.edu

Молибденовые сплавы являются перспективными кандидатами для использования в качестве конструкционных материалов для космических реакторов. Данные сплавы обладают хорошей устойчивостью к ползучести и пластичностью, однако существуют трудности в прогнозировании изменения пластических свойств этих сплавов в ходе длительного нахождения под облучением в условиях эксплуатации реактора. Это обстоятельство вызывает необходимость развития техники моделирования механических свойств и, в частности, пластической деформации.

На сегодняшний день считается, что в большинстве кристаллов пластическая деформация происходит путем движения дислокаций: краевых, винтовых и смешанных. Для проведения моделирования необходимо знать поведение дислокаций под действием сдвигового напряжения. Однако, экспериментально исследовать одиночную дислокацию в веществе затруднительно. Поэтому для исследования одиночной краевой дислокации в данной работе были применены расчетные методы.

В работе методом молекулярной динамики смоделирована одиночная краевая дислокация в молибдене и исследовано её поведение при различных внешних

механических нагрузках. Для решения поставленной задачи применен межатомный потенциал для Mo, разработанный в работе [1]. Создание краевой дислокации происходит путём удаления атомной плоскости в периодической идеальной ОЦК решетке молибдена. Дальнейший расчет заключается в приложении сдвигового напряжения и активации скольжения дислокации.

Расчеты проведены при различных температурах, что даёт возможность оценить влияние термодинамических флуктуаций на пороговое напряжение для начала движения дислокации и её подвижность. Результаты показывают, что краевая дислокация обладает большей подвижностью, чем винтовая дислокация. Выяснено, что для краевой дислокации наблюдается два режима движения в зависимости от напряжения: термоактивационный и вязкостный режимы. В работе проводится сравнение полученных результатов с другими авторами, использующие другие потенциалы и с экспериментальными данными.

1. Smirnova D.E., Kuksin A. Yu., Starikov S.V. // J. Nucl. Mat., V. 458, P. 304-311 (2015)

Особенности методик определения механических характеристик наноматериалов

Скоблицов А.Ю., Хордиков А.Э.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Суменков А.Л.
Новомосковский институт РХТУ, каф. ОХП
asumenkov@dialog.nirhtu.ru

В различных отраслях промышленности, прежде всего в авиастроении, ракетостроении, машиностроении, в последние годы очевидно значительное увеличение производства новейших материалов и продукции на их основе. Значительную часть таких материалов составляют нанодисперсные материалы, физические, химические свойства и характеристики которых существенно отличаются от свойств и характеристик как «обыкновенных» материалов, так и молекул и атомов. Всё более широкое использование «нетрадиционных» материалов (в том числе конструкционных) стало возможным вследствие их наноразмеров, позволяющих обеспечить более, чем восьмикратное превышение предела прочности, трёхкратное – предела текучести, семикратное – твёрдости по сравнению с использовавшимися материалами. Кроме того, новые материалы имеют более низкие температуры плавления, спекания и полиморфных превращений, повышенную плотность и однородность покрытий и т.д.

Наночастицы, плёнки, покрытия являются основными формами использования наноматериалов. Часто применяют порошковые материалы, объёмные нанодисперсные материалы, комплектующие наноизделия.

В народном хозяйстве страны достаточно широко используются неметаллические наноматериалы, например, оксид алюминия. Оксид алюминия является абразивным материалом для обработки камня, металла, стекла, может быть материалом для получения элементов деталей оборудования, керамических режущих инструментов. Он входит в состав многих огнеупорных материалов, катализаторов, фильтровальных элементов и др.

Во многих процессах синтеза и дальнейшей переработки наноматериалов в форме порошков необходимо задействовать операции (дозирование, смешение, прессование, измельчение, транспортирование), качественное осуществление которых зависит от механических характеристик участвующих нанопорошков. Важнейшие механические характеристики порошков: аутогезия и коэффициенты внутреннего и внешнего трения, - сами, в свою очередь, зависят от дисперсного состава (а значит от технологии и параметров их получения), температуры, давления и влажности атмосферы. Указанные взаимозависимости позволяют получать нанопорошки с заданными заранее характеристиками и даже разработать технологию оптимизации рабочих характеристик получаемых «нетрадиционных» материалов.

При определении механических характеристик порошков используют известные методики и приборы. Так, метод отрыва пластины со слоем порошка является одним из основных для вычисления величины аутогезии, а приборы плоскостного сдвига давно и широко применяют для расчёта коэффициентов внутреннего и внешнего трения. Следует,

однако, отметить, что размеры ячеек для указанных методов не регламентируются. Относительно высокая стоимость нанопорошков заставляет экспериментаторов «минимизировать» эти размеры, что вызывает вопросы о сравнимости результатов, полученных на приборах с разными размерами ячеек.

Работа посвящена изучению зависимости между механическими характеристиками нанопорошков оксида алюминия, определяемыми на ячейках разного размера. Средний размер сферических частиц Al_2O_3 был в пределах от 0,06 до 2,0 мкм. Для определения гранулометрического состава нанопорошков использовался электронный микроскоп, средний диаметр частиц измеряли по методу БЭТ.

Получена зависимость механических характеристик от размера ячейки прибора и среднего диаметра частиц, позволяющая прогнозировать поведение нанопорошков при проведении многих процессов с их участием.

Исследование диффузии циркония и ниобия в сплавах Zr-Nb

Смирнова Д.Е.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Стариков С.В.
ОИВТ РАН, лаб. 4.4.1
d.e.smirnov@gmail.com

Бинарные сплавы Zr-Nb, содержащие менее 5 ат.% ниобия, используются в качестве конструкционных материалов для изготовления деталей ядерных реакторов (например, оболочек ТВЭЛов). Под действием нагрева и облучения микроструктура сплавов может изменяться из-за накопления радиационных повреждений и перераспределения компонентов сплава. Для того, чтобы смоделировать подобные процессы, приводящие к изменению структуры, требуется сначала получить данные о диффузии компонентов системы, характеристиках точечных дефектов и механизмах их взаимодействия.

В настоящей работе выполняется атомистическое моделирование диффузии компонентов в сплавах Zr-Nb. Для решения поставленной задачи применен межатомный потенциал [1], сконструированный авторами работы. В рамках примененной методики межатомный потенциал восстанавливался по *ab initio* данным (межатомным силам, энергиям и напряжениям), рассчитанным для ряда эталонных структур.

По результатам атомистического моделирования оценены величины коэффициентов диффузии циркония и ниобия для ГПУ сплавов разных составов (Zr-1Nb, Zr-3Nb, Zr-5Nb), в зависимости от температуры. Полученные результаты коррелируют с опубликованными экспериментальными данными [2] и позволяют прояснить механизмы самодиффузии в исследуемых сплавах. Расчеты показывают, что диффузия компонентов в сплавах Zr-Nb обуславливается образованием и движением вакансий. Также установлена конфигурация, описывающая оптимальное положение внедренного единичного междоузлия ниобия в ГПУ цирконии. Рассчитанное положение междоузлия ниобия согласуется с результатами *ab initio* расчетов, проведенных другими авторами [3]. Кроме того, в работе установлено, что построенный межатомный потенциал [1] может применяться для исследования процессов перераспределения и кластеризации ниобия в сплавах Zr-Nb на основе ГПУ циркония.

1. Smirnova D.E., Starikov S.V. An interatomic potential for simulation of Zr-Nb system // Comp. Mater. Sci. (2017) Vol. 129 P. 259-272
2. Hood G.M., Zou H., Schultz R.J. *et al* Self- and Hf Diffusion in α-Zr and in Dilute, Fe-Free, Zr(Ti) and Zr(Nb) Alloys // Defect and Diffusion Forum (1997) Vol. 143-147 Pp. 49-54
3. Domain C. Ab initio modelling of defect properties with substitutional and interstitials elements in steels and Zr alloys //Journal of Nuclear Materials (2006) Vol. 351 pp.1–19

Подход к описанию фрагментации зерен в процессах интенсивных неупругих деформаций

Тельканов М.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Волегов П.С.
ПНИПУ, каф. ММСП
Michaelperm@gmail.com

Известно, что при интенсивных неупругих деформациях поликристаллических материалов в них происходит существенная перестройка фрагментно-зёренной структуры, в частности, наблюдаются процессы фрагментации и дробления зёрен. Под фрагментацией понимают образование слаборазориентированных областей внутри кристаллита. Дроблением называют процесс образования новых зёрен путём разделения исходного зерна на несколько более мелких. Фрагментация приводит к изменению дефектной структуры материала, а дробление – к повышению предела текучести. Оба эти механизма так или иначе связаны с ротациями кристаллических решёток зёрен и их фрагментов.

Целью работы является построение, численная реализация и исследование двухуровневой математической модели деформирования поликристалла, описывающей процессы фрагментации и дробления зёрен, и последующее изучение эволюции физико-механических свойств поликристалла, в том числе – формирование кристаллографических текстур и изменение размеров зёрен при интенсивных неупругих деформациях.

Для описания ротаций кристаллических решёток зёрен и их фрагментов применена модель, учитывающая несовместность пластических деформаций. В рамках работы используется мера разориентации кристаллических решёток граничащих фрагментов, основанная на расстоянии по поверхности сферы между сферическими проекциями выбранных направлений двух сравниваемых фрагментов. Предложенный подход универсален для различных типов решёток, а также имеет понятный физический смысл. Кроме того, в работе предложен механизм «ротационного упрочнения», который в рамках используемой модели ротаций позволяет добиться устойчивой кристаллографической текстуры при продолжающемся деформировании представительного объёма материала. Механизм ротационного упрочнения, по аналогии с деформационным упрочнением, в структуре модели отражается в эволюционном уравнении для критической величины вращательного момента решётки элемента ротации (эр).

Для описания фрагментной структуры необходимо определить внешние нормали всех фасеток фрагментов, а также их площади. Для удобного представления нормалей вводится форма зерна: она представляет собой гексаэдр, образованный путём отклонения граней куба на произвольный малый угол и отсечения его рёбер и вершин с некоторой вероятностью. Такое описание формы фрагментов позволяет учитывать до 26-ти граничащих фрагментов.

С использованием построенной модели получен граф фрагментной структуры представительного объёма материала, представляющий собой весовую матрицу, в узлах которой находится величина меры разориентации соответствующих фрагментов. Подобный граф позволяет выделять среди представительного объёма эр и описывать эволюцию их размеров.

Таким образом, в работе предложен подход к описанию фрагментации зёрен в рамках двухуровневой математической модели, введены и описаны механизм «ротационного упрочнения» и мера разориентации эр, а также предложена методика описания формы фрагментов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта президента рф № мк-1298.2017.1.

Оптимизация технологии изготовления крупногабаритных корпусов с переменными диаметрами внутренней полости

Тесаков Д.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Коротков В.И.
ТулГУ, каф. МПФ
Tasakov92@yandex.ru

Непрерывная интенсификация и развитие металлообрабатывающей отрасли промышленности России ставит своей задачей постоянное расширение номенклатуры получаемых изделий и снижений технологических и экономических издержек производства в виду использования универсальных инструментов, в частности в направлении обработки металлов давлением. Тульская область традиционно является одним из лидеров в наращивании производственных мощностей в отрасли металлообработки, а в особенности в области обработки металлов давлением. Исследования, проводимые тульскими учеными и инженерами, имеют высокую степень практического применения и внедрения в производственные различные процессы.

Важно заметить, что значимое место в области изготовления всевозможных деталей из металла занимают крупногабаритные осесимметричные корпуса. Технологии изготовления таких деталей достаточно разнообразны: свертка, ротационная вытяжка, выдавливание, различные виды токарной обработки и т.д. Проанализировав большинство из существующих производственных методов изготовления изделий такого типа, было установлено, что наиболее целесообразно использовать технологию холодного выдавливания с последующей механической обработкой изделия.

Проблема получения необходимой структуры, качества и геометрии внутренней полости толстостенных корпусов имеет достаточное количество технических решений, которые в свою очередь требуют тщательной проработки и исследований, необходимых для разработки оптимальных рекомендаций, позволяющих успешно внедрить предлагаемую технологию в производственный процесс. С целью изучения возможности изготовлений деталей с различной структурой внутренней полости толстостенных корпусов проведен сравнительный анализ пуансонов с разными контурами, разными поясками, позволивший выявить наиболее благоприятную геометрию для получения рассматриваемой детали. В программном комплексе Qform 3D выполнена оценка повреждаемости и износа критических узлов в сечении пуансона. В дальнейшем планируется использовать математическое и физическое моделирование с использованием подвижного и вращающегося рабочего инструмента, которое может доказать целесообразность использования метода выдавливания вместо ротационной вытяжки и других.

Необходимость совершенствования и изучения технологий холодного выдавливания обусловлена многими факторами, которые играют ключевую роль в производственном цикле. А улучшение качества составных частей изделия ведет к неминуемому повышению технических и экономических характеристик готового продукта. Важно заметить, что экспериментальные и теоретические исследования в этой области имеют важную практическую и экономическую значимость для различных отраслей промышленности не только нашего региона, но и всего государства. Эксперименты, проводимые в этой области, создают сильный толчок для теоретических изысканий, которые впоследствии смогут повлиять на оптимизацию производственных процессов выдавливания.

Исследование возможности применения микро-дилатационной теории упругости для моделирования метаматериалов с отрицательным коэффициентом Пуассона

Устенко А.Д.
Научные руководители – профессор, д.т.н. Лурье С.А., к.ф.-м.н. Соляев Ю.О.
ИПРИМ РАН
audlord@yandex.ru

Метаматериалы – это искусственно созданные материалы, обладающие специфическими свойствами, которые не встречаются в природе. В настоящее время известно большое количество вариантов структур метаматериалов-ауксетиков (метаматериалы с отрицательным коэффициентом Пуассона), которые исследуются экспериментально и теоретически. Чаще всего такие материалы изготавливаются с использованием различных технологий трехмерной печати. Применение таких метаматериалов может быть самым различным, например, в качестве демпфирующих материалов в элементах конструкций, функциональных структур в медицине, в сенсорах и т.д.

В данной работе проводится исследование возможности применения микро-дилатационной теории упругости для континуального моделирования ячеистых метаматериалов-ауксетиков. Рассмотрен простой пример метаматериала кубической симметрии, который может быть описан на континуальном уровне в рамках микро-дилатационной теории упругости. Продемонстрирована прямая связь между упругими и геометрическими характеристиками ячейки метаматериала и материальными константами континуальной теории. Показано, что существуют ограничения на параметры ячейки, при которых метаматериал может быть описан в рамках микро-дилатационной теории. Предложен алгоритм идентификации материальных констант на основании конечно-элементного моделирования балочных моделей фрагментов материала в задачах растяжения, всестороннего сжатия и сдвига. Предложен подход к измерению микро-дилатации в структуре единичных ячеек метаматериала. Для различных вариантов структуры метаматериала определены пять из шести материальных констант соответствующей континуальной теории в случае статики. Показана эквивалентность связанных эффектов, возникающих при прямом моделировании структуры метаматериала в стержневой модели и при континуальном моделировании в рамках микро-дилатацинной теории в широком диапазоне параметров. Показано, что параметр «собственной жесткости пор» в континуальной теории линейно связан с относительной жесткостью взаимопроникающей структуры в ячейках метаматериала, а модуль связанности существенно зависит от ее геометрических параметров.

Построение континуальных теорий для описания ячеистых метаматериалов может позволить значительно упростить процедуру проведения их физического моделирования при расчете конструкций или функциональных элементов, выполненных из таких метаматериалов с очень малым размером единичных ячеек.

Обратная задача спекл-интерферометрии – нахождение параметров нагрузки и системы

Феденко А.А.
Научный руководитель – доцент, д.ф.-м.н. Устинов К.Б.
МАИ, каф. ИФ, ИПМех РАН
afneids@gmail.com

В основе интерферометрии лежит пространственное разделение пучка света с целью получения двух или более взаимно когерентных лучей, которые проходят различные оптические пути, а затем сводятся вместе, в результате наблюдается интерференционная картина (чередование тёмных и белых полос). Методы спекл-интерферометрии позволяют регистрировать небольшие изменения в форме поверхности или предмета, возникающие в ходе различных деформаций, и тем самым исследовать статические и динамические процессы, в том числе определять параметры вибраций объектов, параметры быстро протекающих процессов и потоков, оценивать изменения

микроструктуры поверхности [1]. Спекл-интерферометрия нашла широкое применение в решении многих научных, технических и метрологических задач. Методически особыми разделами спекл-интерферометрии являются методы определения статистических параметров структуры микронеоднородностей рассеивающих объектов и методы обработки информации и изображений, модулированных спеклами. При этом возникает необходимость решения обратных задач: идентификация параметров нагрузки с одной стороны и параметров системы с другой [2].

Настоящая работа посвящена определению параметров приложенной нагрузки и параметров исследуемого объекта – заделанной пластины. Если часть параметров объекта – модуль упругости, геометрические размеры – достаточно легко определимы, то параметры заделки для балки (пластины) затруднительно определить прямыми методами. Проблема определения параметров заделки является самостоятельной задачей для разнообразных приложений: описания деформирования кантилевера атомно-силового микроскопа [3], исследование параметров отслоений [4]. Исходными данными являются величины прогиба вдоль оси балки. В основе используемого метода решения обратных задач – определения величины силы и точки её приложения, и определение параметров заделки – лежит теорема взаимности работ Бетти. В работе также исследовано влияние случайной ошибки измерения смещения, неизбежно возникающей в эксперименте, на точность получаемых результатов.

1. М. Франсон Оптика спеклов. Москва, Мир, 1980, 171с.

2. Р.В.Гольдштейн, Д.Г.Жиа, Х.Х.Жанг, Ю.М.Жанг, В.М.Козинцев, А.В.Подлесных, А.Л.Попов, К.Б.Устинов, Д.А.Челюбеев. 2012 Спекл-интерферометрическая идентификация локального нагружения пластины. ИПМех РАН. Препринт №1031, 30с.

3. Устинов К.Б. Об уточнении граничных условий для балочной модели кантилевера атомно-силового микроскопа и их влиянии на интерпретацию результатов измерений. Изв. РАН МТТ, 2008, №3. 182-1886.

4. Р.Л. Салганик К.Б. Устинов Задача об упруго заделанной пластине, моделирующей частично отслоившееся от подложки покрытие (плоская деформация) 2012 №4 Известия РАН МТТ 50-62

Моделирование клеевого ремонта эксплуатационных повреждений авиационных конструкций

Федотов А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ципенко А.В.
МАИ, каф. 801
alexey.a.fedotov@inbox.ru

Вопрос внедрения экономически целесообразных методов поддержания и восстановления лётной годности воздушных судов, выполненных из алюминиевых сплавов и полимерных композиционных материалов, встаёт всё более остро в связи с ростом стоимости единичного экземпляра воздушного судна и стоимости его эксплуатации. Проведённый анализ доступных технологий ремонта композитных и металлических конструкций клеевыми композитными заплатами позволяет сделать вывод о возможности построения такой технологии ремонта, которая станет экономически оправданной для эксплуатанта авиационной техники и приведёт, таким образом, к более быстрому устранению возникших повреждений с сохранением высокой надёжности проводимого ремонта.

Проектировочный расчёт клеевого ремонтного соединения выполняется вычислительным комплексом, который прогнозирует напряжённо-деформированное состояние (НДС) системы «конструкция-клей-заплата» и учитывает скорость роста повреждения при изменении свойств материалов. Использование универсальных многофункциональных программных продуктов конечно-элементного моделирования для решения таких узкоспециализированных задач зачастую избыточно, поэтому для поэтапного определения параметров ремонтного соединения и анализа их взаимосвязей

построен аналитический расчётный комплекс. На первом этапе работы расчётного комплекса строится НДС соединения без учёта повреждения (применяется метод собственных значений деформаций и кривизны, основанный на теории эллиптических включений Эшелби). Второй этап включает учёт наличия повреждения со своими геометрическими параметрами и вычисление коэффициентов интенсивности напряжений в ключевых местах соединения. На третьем этапе определяется скорость развития повреждения в ремонтном соединении с учётом изменения свойств материала под действием циклической нагрузки.

При проектировании процедуры клеевого ремонта одним из определяющих параметров будет модуль упругости композитного материала заплаты. Для композитов, выполненных из угле- или стеклоткани, модуль упругости будет значительно изменяться при воздействии циклической нагрузки. Для получения картины деградации упругих свойств углепластика, предполагаемого к использованию при производстве клеевых ремонтных заплат, была проведена серия специальных экспериментов для исследования: (а) изменения модулей продольной и поперечной упругости углепластикового образца под действием циклической нагрузки при температурах -60°C, +23°C, +80°C; (б) изменения коэффициента Пуассона под действием циклической нагрузки при тех же температурах.

Информация об изменении модуля упругости, полученная на основании результатов проведённой серии экспериментов, применена в расчётном алгоритме для проектирования клеевых ремонтных соединений. Созданная система расчёта клеевых ремонтов позволяет оперативно производить анализ возможных случаев повреждения конструкции и подбирать оптимальный вариант установки заплаты с учётом влияния фактора долговечности материала под действием циклических нагрузок и температурных полей. Данные по деградации модуля упругости позволяют получить более достоверные значения эффективности клеевого ремонта и назначить корректные интервалы инспекций установленной ремонтной заплаты.

Исследование поведения винтовых дислокаций в молибдене при помощи молекулярно-динамического моделирования

Цепляев В.И.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Стариков С.В.
МФТИ, фак. МХФ
vazyktc@mail.ru

На сегодняшний день считается, что движение дислокаций характеризует пластические свойства материалов. К сожалению, исследовать поведение одиночной дислокации экспериментальными методами затруднительно, так как для этого необходимо достичь высокого разрешения, а так же уметь внедрять одиночную дислокацию в образец. На помощь приходят теоретические методы, которые позволяют моделировать процессы на атомарном уровне. Поведение одиночной дислокации удобнее всего моделировать при помощи метода молекулярной динамики, так как для моделирования такого рода явлений необходимо рассматривать по крайней мере сотни тысяч атомов. В этой работе при помощи метода молекулярной динамики было исследовано поведение одиночной винтовой под влиянием приложенного внешнего сдвигового напряжения.

Для проведения расчетов была создана атомистическая модель винтовой дислокации, а затем проведены расчеты скорости движения дислокации при различных внешних сдвиговых напряжениях. Результаты показывают, что винтовая дислокация обладает меньшей мобильностью, чем краевая. В работе так же показано, что для движения винтовой дислокации существует два режима движения: термо-активационный и вязкостный, которые характеризуются различным видом зависимости скорости от напряжения. В случае термо-активационного режима скорость растет экспоненциально, когда при вязкостном — линейно.

В работе отдельно поднимается вопрос о теоретическом описании характера движения винтовой дислокации, так как этот этап является важным для возможного сравнения с доступными экспериментальными данными. Для этого предлагается использовать имеющиеся теоретические модели, описывающие движение дислокации как в вязкостном, так и в термо-активационном режимах. Имея такого рода теоретическую аппроксимацию данных, возможно экстраполировать расчетные зависимости мобильности дислокаций на диапазон напряжений, исследованный в экспериментах. Напрямую такое сравнение сделать невозможно в силу ограниченности возможностей метода молекулярной динамики. Помимо сравнения с экспериментом, корректная аппроксимация данных позволит оценить такие величины, как энергия образования двойного излома дислокации и энергия Пайерлса.

Автоматизированное моделирование делительного стола

Хуснутдинов А.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Можегова Ю.Н.
КГТА им. В.А. Дегтярева, каф. ПМиСАПР
Malgamer1998@gmail.com

Делительный стол – это вертикально-горизонтальное станочное приспособление, предназначенное для поворота заготовки на равные или не равные углы.

Как правило, данное приспособление используется на сверлильных, фрезерных операциях для изготовления изделий авиа-машиностроения. Делительный стол, используемый для оснащения сверлильного станка, значительно повышает производительность устройства и точность выполняемой обработки.

В горизонтальном положении данного приспособления предполагается использование трехкулачкового патрона, а для обработки длинных заготовок – поддержка центром. Для предотвращения самопроизвольного вращения стола, предусмотрены два стопорных устройства.

Данное приспособление испытывает динамические нагрузки при обработке изделий, что требует первоначально смоделировать приспособление, оценить его работоспособность, и только затем приступить к изготовлению.

Цель работы: разработать 3D модель и чертеж делительного стола в графической системе «Autodesk Inventor».

Задачи работы:

- Спроектировать 3D модели элементов делительного стола.
- Создать 3D модель сборки делительного стола.
- Создать ассоциативный чертеж приспособления.

Разработка 3D модели в «Autodesk Inventor» выполнено по технологии снизу вверх, заключающейся в том, что в файл сборки делительного стола вставлялись спроектированные его детали и узлы, а затем компоненты изделия позиционировались с помощью наложения зависимостей.

Проектирование делительного стола для обработки изделий резанием предполагает реализацию процесса анимации полученного изображения трехмерной модели, которая позволяет выявить возможные места возникновения избыточных нагрузок при работе устройства.

Благодаря возможностям параметризации полученных моделей деталей стола возможно на уровне первоначального проектирования, а также после окончательной сборки модели внести изменения в проектируемые изделия и, соответственно, изменить сборку приспособления.

Спроектированная модель делительного стола может быть проанализирована на возникновение напряжений в местах контакта с заготовкой, а также под действием сил резания, возникающих в момент обработки деталей на делительном столе на металлорежущих станках. Данные исследования позволят проанализировать прочностные характеристики элементов приспособления, а также провести анализ на тепловое действие в местах контакта рабочих поверхностей деталей стола.

В результате проделанной работы разработаны твердотельная модель и чертёж делительного стола в графической системе «Autodesk Inventor».

Применение метода корреляции цифровых изображений для экспериментального исследования механического поведения двумерной ауксетической конструкции

Ченцов А.В., Лисовенко Д.С.
Научный руководитель – член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н. Гольдштейн Р.В.
ИПМех РАН
chentsov@ipmnet.ru

Экспериментальное исследование механического поведения двумерной конструкции с отрицательным коэффициентом Пуассона (ауксетической конструкции) представляется актуальным для верификации численных моделей, учитывающих пластичность материала. В настоящее время разрабатываются различные варианты дизайна плоских ауксетических конструкций. Особенности производства изделий с заданными механическими характеристиками требуют разработки моделей и численных методов, обеспечивающих стабильность критических свойств (например, таких как прочность на разрыв, жесткость, предельная деформация до разрушения) конечного изделия при замене первоначального материала подобным аналогом за счет допустимых изменений дизайна или технологических приемов. Такая потребность возникает когда основным материалом являются полимеры с добавками или модификаторами и механические свойства материала заготовок стабильны только в пределах одной партии. Определение механических свойств материала заготовок предполагается в ходе серии типовых испытаний. Оценочные расчеты механического поведения конструкции методом конечных элементов в ограниченном числе случаев требует экспериментальной проверки. В работе рассмотрены основные приемы и методы такой верификации.

При проектировании плоских ауксетических ячеистых структур в качестве ячейки часто используют вогнутый шестиугольник с «прямыми» элементами. Коэффициент Пуассона при растяжении ауксетической двумерной плоскости, состоящей из вогнутых шестиугольников меняется нелинейно. Известен дизайн в котором производящий шестиугольник плоскости имеет часть сторон «синусоидальной» формы. В данной работе рассмотрен новый дизайн вогнутого шестиугольника, в котором часть прямых элементов заменена на «синусоидальные» элементы.

При изготовлении образцов использовалась технология максимально сохраняющая состояние исходного материала. Образцы были изготовлены из полиэтилентерефталата (ПЭТ-а аморфный) толщиной 0.7 мм, методом резки фемтосекундным лазером. Качество обработки с помощью данного метода превосходит любые другие существующие лазерные системы (например, широко распространенные CO2 лазеры). При обработке фемтосекундным лазером практически полностью отсутствуют побочные эффекты, связанные с нагревом материала. Механические свойства материала в областях, граничных с местом обработки, не изменяются. Дизайн образца размерами 110×20×0.7 мм с центральной зоной 26×20×0.7 мм был таким, что поперечный размер элементов вогнутой конструкции выбирался равным толщине исходной пластины.

Образец подвергали монотонному одноосному растяжению на установке MTS Synergie 400. Изменения геометрии образца фиксировали по 12-Мпикс изображениям, полученным из видеозаписи, полученной во время эксперимента. С датчиков установки дополнительно регистрировались сила и перемещения подвижной траверсы. Для анализа перемещений и деформаций полученные изображения анализировались методом корреляции цифровых изображений (DIC) пакетом Ncorr и VIC 2D.

Анализ показал, что в результате растяжения ауксетической конструкции максимальная продольная деформация составила (до потери устойчивости) 99%, а максимальные поперечные деформации – 59 %. Упругие деформации достигают 2 %. Коэффициент Пуассона, определенный по аналогии с упругими малыми деформации, меняется в интервале от -0.19 до -0.60 при увеличении продольных и поперечных деформаций.

Работа выполнена в рамках гранта Правительства Москвы и РФФИ №15-31-70005 мол_а_мос.

Построение электрического аналога для моделирования динамических процессов в системах с пьезоэлементами и внешними электрическими цепями

Юрлов М.А.
Научный руководитель – академик РАН, д.т.н. Матвеенко В.П.
ИМСС УрО РАН, отд. КММДТТ
yurlovm@icmm.ru

Smart-конструкции, имеющие элементы, выполненные из материалов, обладающих пьезоэлектрическим эффектом, находят все более широкое применение в различных областях науки и техники. В частности, они могут успешно использоваться для управления динамическими характеристиками различных конструкций, например, для демпфирования колебаний, за счет присоединения к пьезоэлементам внешних электрических цепей

Целью данной работы является создание эффективных методов математического моделирования, позволяющих находить параметры элементов внешней электрической цепи, обеспечивающие на заданных резонансных частотах максимальные демпфирующие свойства электроупругого тела с внешними электрическими цепями.

Рассматриваются электроупругие системы, представляющие собой кусочно-однородные тела, состоящие из упругих деформируемых элементов, часть из которых обладает пьезоэлектрическими свойствами. К пьезоэлектрическим элементам через электродированную часть поверхности подключены внешние последовательные или параллельные резонансные электрические цепи, состоящие из сопротивлений и индуктивностей. При реализации пассивного способа управления динамическими характеристиками таких систем поиск оптимальных вариантов производится за счет подбора параметров внешних электрических цепей, обеспечивающих наилучшее демпфирование колебаний конструкции на заданной частоте.

В механике известны методы, позволяющие представлять механические системы с распределенными параметрами в виде дискретных систем с сосредоточенными параметрами, например, типа пружина-масса-демпфер. Очевидно, что при наличии в системе с распределенными параметрами электрических степеней свободы можно поставить ей в соответствие такой же дискретный аналог, но состоящий из электрических элементов с сосредоточенными параметрами типа резистор-катушка индуктивности-конденсатор.

В данной работе в качестве наиболее эффективных подходов для расчета необходимых параметров электрической цепи предлагаются варианты электрического аналога рассматриваемых систем в форме эквивалентных схем замещения. В этом случае эквивалентная схема замещения представляет собой дискретный аналог исходной электромеханической системы с точки зрения протекающих в ней электрических процессов и обладает теми же динамическими характеристиками – собственными частотами колебаний, что и исходная система. Данный подход является основой для построения численных оптимизационных алгоритмов, связанных с подбором параметров внешних электрических цепей, обеспечивающих наилучшее демпфирование колебаний конструкции в заданном частотном диапазоне.

Обоснование наиболее достоверных эквивалентных схем замещения проводится на основе задачи о собственных колебаниях. Приводятся численные результаты на примере плоских и пространственных объектов, к которым прикреплены пьезоэлементы, соединенные через электродированную поверхность с последовательной или параллельной электрической цепью, состоящей из сопротивления и индуктивности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 17-41-590152-р-урал-а).

Исследование утяжеления конструкции
в окрестности минимальной прямоугольной армосетки

Якимова Е.И.
Научный руководитель – Дроботов В.Б.
МАИ, каф. 801
Liz652330@yandex.ru

В перспективных композиционных материалах применяется армирование наполнителя силовыми волокнами. Например, таким образом получают углепластики, которые всё чаще начинают применять в авиационной и космической технике. Целью работы является исследование исключительно массовых характеристик силового армирующего каркаса для минимизации расхода материала и снижения веса конструкции. Армирование конструкции может применяться не только в композиционных материалах, но и в традиционной технике. В частности, в строительстве железобетонные конструкции содержат как наполнитель в виде раствора бетона для работы на сжимающие напряжения, так и арматуру для восприятия растягивающих нагрузок. В космической технике очень важной характеристикой армированных конструкций становится не только их прочность, но и масса. Содержательная формулировка задачи сводится к выбору рациональной формы армирующей сетки с целью получения как можно меньшей массы изделия.

При армировании конструкции или наполнителя композиционного материала внутренний силовой каркас выполняется в виде периодически повторяющихся элементов. В авиационной технике часто применяются сотовые конструкции, хорошо выдерживающие нагрузку вдоль ячеек. В космической технике при создании экранно-вакуумной теплоизоляции тоже применяют сотовые конструкции, но расположенные перпендикулярно тепловому потоку в критическом с позиции нагрузки направлению. Для рационального армирования необходимо выбрать элементарную силовую ячейку. В этой работе рассматриваются только прямоугольные армирующие ячейки.

Работа началась с исследования квадратной силовой ячейки. Наиболее рациональным звеном являются два взаимно перпендикулярных стержня, уложенные по диагоналям квадрата. В такой ячейке стороны квадрата являются лишними, утяжеляющими конструкцию. Если стержни уложить вдоль сторон квадрата единичной длины, то протяжённость арматуры составит четыре единицы. При диагональном армировании протяжённость будет менее трёх единиц. Однако не всегда есть возможность выполнить строго диагональное армирование. Различные конструкционные элементы могут сместить точку соединения стержней от центра прямоугольника на значительное расстояние. В работе исследуется зависимость утяжеления конструкции от нарушения строгого диагонального армирования. Рассмотрены не только квадратные элементарные ячейки плоских конструкций, но и прямоугольные. Для квадратной ячейки отклонение точки сходимости стержней от центра на четверть стороны квадрата в любую сторону приводит к утяжелению конструкции не более чем на 5%. Это допустимо для строительных сооружений, но не всегда приемлемо для космической техники. Для прямоугольной ячейки отклонение точки сходимости стержней вдоль длинной оси ещё меньше утяжеляет конструкцию.

В ходе исследования была выявлена зависимость критичных с позиции утяжеления направлений смещения от центра точек связок волокон арматуры. Правильность полученных результатов подтверждена не только аналитическими выкладками, но и численными расчётами с помощью пакета прикладных программ MathCAD-14. Полученные функции двух переменных позволили численно изучить свойства поверхностей в окрестности локального минимума.

Моделирование контактного взаимодействия захватывающего инструмента с биологической тканью

Яковенко А.А.
Научный руководитель – академик РАН, д.ф.-м.н. Горячева И.Г.
ИПМех РАН
anastasiya.yakovenko@phystech.edu

Зажимы – это медицинские инструменты, которые используют для временного сдавливания тканей с целью остановки кровотечения, перекрытия просвета полых органов или для фиксации биологических тканей и органов. Основное требование для этих инструментов — прочное удерживание ткани при лапароскопических операциях. Для этого они имеют рабочие кремальеру и губки, которые, в зависимости от области применения, имеют различный профиль и отличаются размерами. По силе действия на ткани хирургические зажимы бывают эластичные, не вызывающие разрушения органов и тканей, жесткие, вызывающие обратимые или необратимые изменения ткани и раздавливающие, вызывающие разрушение органов и тканей. Воздействие инструмента на биологическую ткань будет зависеть от свойств ткани, приложенных нагрузок и формы рельефа поверхности инструмента. Для того, чтобы оценить значения напряжений, возникающих в биологической ткани, в данной работе рассматривается контактное взаимодействие зажимного инструмента, имеющего разные формы рельефа, с биологической тканью.

С этой целью построено решение контактной задачи о взаимодействии штампа, имеющего на поверхности систему выступов, с упругим полупространством. Для того чтобы учесть влияние на внедрение фиксированного выступа других выступов, их действие заменяется давлением, распределенным по всем областям контакта. Для случая системы сферических штампов, а также выступов, имеющих форму полуцилиндров, расположенных перпендикулярно оси симметрии штампа (зажима), получены системы уравнений, позволяющие определять распределения усилий между выступами, нагруженными известной суммарной силой, а также величину внедрения штампа.

На основании полученного решения исследовано распределение контактных напряжений, связь приложенных сил и моментов с внедрением инструмента при разных формах выступов. Проведенное исследование позволяет определить максимальные контактные напряжения, возникающие в биологической ткани при разной степени ее сжатия и при разных формах рельефа поверхности зажима.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-58-52033).

Оценка влияния геометрии инструмента на напряжения в заготовке и силу при раздаче

Яковлев С.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ларин С.Н.
ТулГУ, каф. МПФ
mpf-tula@rambler.ru

В отраслях машиностроения, касающихся производства транспорта, и в частности, двигателестроения нашли очень широкое применение различные виды систем трубопроводов. Важными элементами перечисленных выше конструкций являются адаптеры различных форм, в основном цилиндрические и круглые в плане, которые обеспечивают их соединённые. Требования к качеству самих адаптеров порой весьма высокие. Поэтому весьма остро стоит вопрос о методах их изготовления. Наиболее рациональным методом является штамповка, и, в частности раздача и обжим. Штамповка позволяет получить изделия весьма высокого качества с очень большим коэффициентом использования материала. Теоретические исследования, посвященные раздаче, весьма немногочисленны, и основаны в основном на производственном опыте. В связи с этим важной задачей стоит теоретическое исследование раздачи тонкостенных заготовок, которое учитывало бы механические свойства исходного материала.

Для решения данной задачей использован метод определения энергосиловых параметров раздачи основанный на решении приближенного дифференциального уравнения равновесия совместно с условием текучести.

В качестве граничных условий выбраны следующие: напряженное состояние материала – плоское; на контактных границах заготовки и инструмента реализуется закон трения Кулона. Материал изделия принимался несжимаемым. В условие пластичности были введены коэффициенты цилиндрической анизотропии, что характерно для трубного проката. Упрочнение, реализуемое в материале – изотропное. В результате получено выражение для оценки силы раздачи.

Используя полученное уравнение, построены зависимости изменения напряжений, действующих в очаге деформации и силы от радиусов инструмента, угла конусности инструмента и трения, различные значения которого характеризуются используемыми смазками.

В итоге установлено, что при увеличения радиусов закруглений на участках перехода от цилиндрической к конической поверхности величина окружного напряжения, которое действует в очаге деформации, возрастает. Значения напряжений действующих по контуру торца заготовки снижаются. Показано, что с ростом трения сила раздачи возрастает пропорционально. Установлено, что меньших своих значений сила при раздаче достигает в том случае, когда угла конусности инструмента находятся в пределах 10…15°. Установлены углы конусности инструмента, которые позволяют получить требуемую деталь без разрушения. Показано, что такие углы составляют от 12 до 13°.

Полученное уравнение для оценки силы позволяет оценить влияние коэффициента раздачи. С возрастанием коэффициента раздачи сила увеличивается. Так же установлено, что при постоянном коэффициенте раздачи с увеличением высоты конического участка сила заметно снижается.

Работа выполнена в рамках грантов РФФИ № 16-48-710014 и гранта администрации Тульской области.

Секция «Полимерные и углеродные композиционные материалы, аэрокосмические конструкции и микросистемы»

Влияние параметров плазменно-напыленного промежуточного слоя на композит стеклопластик - промежуточный слой -Ni

Алексеева А.С.
Научный руководитель – доц., к.т.н. Бабин С.В.
Ступинский филиал МАИ, каф. ТПАД
2teem232@gmail.com

Лопасти самолетов, судов на воздушной подушке изготовленные из композиционных материалов обладают высокой удельной и усталостной прочностью, но низкой эрозионной стойкостью. Для эрозионной защиты передней кромки лопастей применяют защитные накладки. Наилучшим материалом для создания накладки является электролитический никель, однако прочность клеевого соединения “защитная накладка-лопасть” недостаточна и является проблемой. Одним из решений данной проблемы является создание на внутренней поверхности накладки прочного капилярно-пористого покрытия. Задача усложняется тем, что этот узел должен быть ремонтопригодным. Поэтому адгезионную прочность необходимо регулировать. Это достигается выбором материала капиллярно-пористого и шероховатого покрытия. а также, варьированием пористости, толщиной покрытия и степени шероховатости.

В данной работе производился выбор материала покрытия и экспериментальные исследования зависимости прочности клеевого соединения при сдвиге кручением от пористости, толщины и шероховатости плазмонапыленого переходного слоя.

В качестве промежуточного шероховатого пламонапыленного слоя выбрали хромоникелевую сталь ЭП741, которая имеет высокую адгезию (60 МПА) к никелевой

защитной накладке за счет присутствия никеля в составе напыляемого сплава и хорошую смачиваемость компонентами клея.

Образцы для экспериментальных исследований (150*20*10 мм) получали путем формования никелевой накладки с пористым промежуточным слоем из сплава ЭП741 совместно со стеклопластиком ВПС20 "мокрым" методом в вакуумируемой пресс-форме. В последствии полученные образцы разрезались и дорабатывали механической обработкой для испытаний в специальном приспособлении на чистый сдвиг на машине FP-100.

Как показали результаты экспериментов на адгезионную прочность композита заметное влияния оказывает шероховатость промежуточного слоя. Зависимость прочности адгезионного соединения от шероховатости поверхности покрытия имеет экстремальный характер. Этот факт согласуется с предположением о влиянии на прочность адгезионного соединения величины шероховатости за счет увеличения поверхности контакта стеклопластика и промежуточного слоя. Общая пористость промежуточного слоя не оказывает существенного влияния, большее значение имеет открытая пористость, которая выполняет роль "якоря" при затвердевании стеклопластика в процессе формования композита.

Исследования зависимости прочности соединения никелевой защитной накладки с стеклопластиком от температуры (-60^0C - $+60^0$C) показали, что данная зависимость имеет экстремум при температуре 20^0C. Крайние значения температур приводят к снижению прочности на 30%.

Разработка технологии получения синтактических углеродных пен

Антонов Д.О., Каширская Е.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н Галимов Э.Р.
КНИТУ-КАИ, каф. МСиПБ
Dmitriy.antonov@outlook.com

В настоящее время все более широкое применение в различных отраслях современной промышленности, в том числе в авиационной, космической и оборонной технике находят перспективные материалы в виде пен, получаемых на основе углерода – углеродные пены. Эти материалы состоят из углерода высокой степени чистоты с объемной плотностью ниже 0,04 Мг/м^3 и пористостью выше 90%.

Синтактические углеродные пены представляют собой материалы упорядоченной структуры, обладающие рядом уникальных и специфических свойств: высокие удельные физико-механические характеристики, регулируемый коэффициент теплопроводности, электропроводность, высокая тепло- и термостойкость, повышенная устойчивость к действию агрессивных сред, высокая доступная поверхность, регулируемая удельная поверхность и др.

Синтактические пены являются композиционными материалами, синтезированными путем связывания полых частиц, называемых «микросферы», металлической, полимерной или керамической матрицами. Наличие полых частиц определяет более низкую плотность, высокую удельную прочность, низкий коэффициент теплового расширения, а в некоторых случаях прозрачность для электромагнитных или акустических волн. Однако, при разложении исходного вещества – наполнителя в процессе карбонизации, окисления, воздействия растворителя и т. п., полые сферы могут трансформироваться с образованием открытых ячеек.

Целью работы является разработка технологических принципов производства изделий на основе синтактических углеродных пен, изготовление экспериментальных образцов, исследование их физико-механических и теплофизических свойств.

В данной работе описаны основные подходы к лабораторной технологии получения синтактических углеродных пен, позволяющие при помощи различных технологических приемов регулировать их эксплуатационные свойства. Приведена классификация описанных в современной научно-технической литературе способов получения синтактических углеродных пен. Особый акцент в работе сделан на связь

выбора технологии получения материала и целевую область применения. Описаны способы модификации структуры и свойств синтактических углеродных пен как за счет модификации поверхности готового материала, так и за счет введения дополнительных модифицирующих материалов на ранних технологических стадиях.

Лазерный способ неразрушающего контроля авиационных деталей из композитных материалов

Астахов М.О., Манучаров Д.Р.
Научный руководитель – к.т.н Павлов П.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 91
pavlov.pave@yandex.ru

В настоящее время в различных сферах производства все чаще находят применение композитные материалы. Одним из наиболее важных преимуществ этих материалов является возможность их предварительного проектирования соответственно техническим требованиям конкретного изделия в определенной области применения. Однако, вследствие наличия микроструктурных неоднородностей и дефектов в структуре композитов, их качество и состояние должны быть оценены для прогнозирования прочности и срока службы в конкретных изделиях. В связи с этим вопросы контроля качества, а также исследования старения и усталости композитных материалов приобретают значительную актуальность. В настоящее время зарубежными и российскими учеными разработан ряд методов неразрушающего контроля изделий из композитных материалов. Известным фактором актуальности разработки именно спекл-оптических способов неразрушающего контроля являются известные недостатки так называемых «традиционных» методов неразрушающих испытаний применительно к композитным материалам. В частности, анализ зарубежной литературы позволяет сделать вывод, что оптические способы неразрушающего контроля в настоящее время являются одними из перспективными методами контроля композитных материалов изделий авиакосмической техники.

Ранее был рассмотрен вопрос о практическом применении метода спекл-структур оптического излучения для определения параметров дефекта во внутренней структуре детали из композитного материала, однако, предлагаемый способ неразрушающего контроля не позволял определить глубину залегания внутреннего дефекта, что затруднял процесс выполнения ремонта, обнаруженного непроклея.

Таким образом, цель настоящей работы заключается в восполнении пробела в данной области, путем разработки и испытании лазерного способа неразрушающего контроля композитных материалов. Внедрение предлагаемого способа позволит расширить возможность устройств, принцип действия которых основан на использовании метода спекл-структур оптического излучения, за счет оптимизации алгоритмов обработки цифровых спекл-фотографий, увеличения эргономики среды обработки и выполнении комплексной оценки параметров подповерхностной структуры композитных материалов.

Практическая значимость работы заключается в повышении достоверности и автоматизации процесса дефектоскопического контроля внутренней структуры авиационных деталей из композитных материалов на производстве и в процессе эксплуатации воздушных судов государственной авиации РФ.

В качестве инструмента обработки результатов измерений разработан с помощью языка программирования Java Standard Edition в среде разработки Eclipse для MS Windows программный модуль неразрушающего контроля подповерхностной структуры композитных материалов, с использованием алгоритмов обработки цифровых спекл-фотографий Преимуществом данного программного комплекса является его универсальность – совместимость с различными операционными системами, доступный в восприятии интерфейс, что позволяет инженерно-техническому составу, имеющему базовые навыки владения компьютером, осуществлять операции по неразрушающему контрою авиационных деталей на высоком технологическом уровне.

Новые поверхностно-активные 2-цианакрилаты – мономеры для синтеза носителей лекарственных средств

Баторова Ю.А.
Научный руководитель – профессор, д.х.н. Дятлов В.А.
РХТУ им. Д. И. Менделеева, каф. ХТП
batorova22@gmail.com

Генная терапия одно из важнейших направлений современной фармакологии, позволяющая лечить большое число заболеваний, но развитие этой области ограничивается отсутствием носителей, позволяющих доставлять гены внутрь ядер живых клеток. На данный момент существует несколько типов корпускулярных наноносителей различных размеров и ёмкости. Дендримеры и мицеллы, не имеющие полости внутри. Липосомы или ниосомы с полостью внутри, стенка которых фосфолипидного или нефосфолипидного типа. Полимеросомы, сформированные из амфифильных полимеров, содержащие гидрофильные и гидрофобные блоки связанные ковалентно. Микрокапсулы, имеющие протяженную по глубине полимерную стенку, которая может быть как пористой, так и непроницаемой. Липосомы и полимеросомы мицеллярного типа рассматривают как «универсальную многофункциональную наномедицинскую платформу» целевой доставки лекарств не только для генной терапии, но и для химиотерапии опухолей. Однако они обмениваются содержимым друг с другом и с окружающей тканевой жидкостью, что делает невозможным их использование внутри живого организма. Замедлить межмицеллярный обмен можно частичной химической сшивкой стенки наносом. Весьма удобными сшивающими агентами являются 2-цианакрилаты. Они способны к анионной полимеризации под действием следов слабых нуклеофилов, к которым относятся белки, амины и следы воды. Мономерные цианакрилаты не требуют радикального инициирования, которое приводит к деструкции содержимого наносом, а образующиеся 2-цианакрилаты способны к биодеградации.

Целью работы является синтез поверхностно-активных эфиров 2-цианакриловой кислоты, используемых в качестве мономеров для получения полицианакрилатных полимеросом малого диаметра – мицеллярных носителей ДНК для генной терапии.

Синтезированы поверхностно-активные эфиры трёх типов:

Первый тип содержит один жирный гидрофобный радикал и одну активную цианакрилатную группировку. Для его синтеза использовали неионогенное ПАВ - гексадециловый эфир полиэтиленгликоля со средней степенью полимеризации n=10 «Brij C10».

Второй тип получен на основе трехатомного жирного спирта - моносорбитанстеарата «Span 60». Он содержит три сшивающих цианакрилатных группировки в гидрофильной части молекулы.

Третий тип получен из 2,4,7,9-тетраметил-5-децин-4,7-диола, имеет два коротких гидрофобных радикал, два цианакрилатных заместителя и тройную связь в гидрофильной части молекулы.

Полученные 2-цианакриловые эфиры использовали в синтезе полимеросом с частично-сшитой стенкой. В зависимости от типа мономера и полимеризационной среды диаметр полимеросом можно контролировано изменять в интервале от 5 до 700 нм.

Использование программы ANSYS при построении тепловой модели ужесточаемого элемента ПКМ для разворачиваемых космических конструкций

Бриштель Я.С.
Научные руководители – д.т.н., Козлов Н.А., Трусова Е.Ю.
МАИ, каф. ТКМ,КиМ
yanadeva@mail.ru

Активное освоение околоземного космического пространства, а в перспективе и «дальнего» космоса, требует решения задач обеспечения длительного и комфортного пребывания человека в экстремальных для него условиях космического полета. Это

обуславливает необходимость создания крупногабаритных жилых, исследовательских и производственных модулей на орбите. Такие модули представляют собой крупногабаритные конструкции, доставка которых невозможна современными носителями. В связи с этим представляется целесообразным изготавливать подобные модули на Земле, а осуществлять их доставку на орбиту для стыковки с действующей космической станцией в компактно сложенном состоянии. После доставки и стыковки модуль трансформируется до рабочих размеров с последующей фиксацией и поддержанием формы. Первый опыт создания такого раздуваемого жилого модуля «BEAM» был осуществлен на орбите в мае 2016 г. путем стыковки его с МКС и последующего раздува. При этом одной из не решенных задач является надежное обеспечение формы модуля после раздува даже в случае потери герметичности в результате воздействия метеорита.

Для решения задачи поддержания формы после раздува предлагается в качестве одного из многих функциональных слоев раздуваемой оболочки использовать управляемо ужесточаемые силовые элементы из композиционного материала на основе арамидной ткани и временно пластифицированной полимерной матрицы. До отверждения временного пластификатора матрица находится в эластическом состоянии и обеспечивает способность такого материала к компактному складыванию и разворачиванию в составе оболочки, а после отверждения пластификатора обеспечивает ужесточение материала и фиксацию формы. Для доотверждения композиционного материала используются резистивные пленочные нагреватели на полиимидной основе.

Задача исследований состояла в установлении скорости нагрева и распределения температурных полей во времени в ужесточаемом элементе со встроенным нагревателем. Для моделирования использовали универсальную программную систему ANSYS, основанную на использовании метода конечных элементов, что позволило получить значимые результаты, не проводя экспериментальные исследования. С использованием программного комплекса ANSYS проводили расчет нестационарного теплового поля ужесточаемого элемента в форме пластины, размером 180×45 мм с заданием свойств материала этого элемента. При моделировании были заданы следующие граничные условия: начальная температура пластины (-70^0C) и мощность нагрева. Тепловой поток, исходящий от нагревателя, задавался перпендикулярно пластине и распределялся по всей площади нижней поверхности пластины.

В результате получена зависимость температуры нагрева ужесточаемого элемента от времени при заданной постоянной мощности нагрева, а также схема распределения температурных полей в пластине в заданных условиях. Созданная модель позволяет определять время, необходимое для выхода на режим доотверждения полученного элемента, что имеет большую практическую значимость для расчета энергетических затрат при формировании ужесточаемого слоя, входящего в состав многослойной оболочки разворачиваемой крупногабаритной космической конструкции.

Воздействие повышенной влажности на свойства термостойких углепластиков на основе фталонитрильной матрицы

Валевин Е.О.[1, 2], Зеленина И.В.[1],
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Бухаров С.В.[2]
[1]ФГУП «ВИАМ»,[2]МАИ, каф. ТКМ,КиМ
valevin_evgeniy@mail.ru

На сегодняшний день исследования влияния влажности окружающей среды в совокупности с повышенной температурой наиболее полно проводились на ПКМ на основе эпоксидных матриц, которые нашли широкое применение в различных отраслях машиностроения. Изучение влияния условий повышенной влажности на термостойкие матрицы и ПКМ на их основе является весьма актуальной задачей из-за расширения области применения подобных материалов.

В работе представлены результаты исследований воздействия повышенной температуры и влажности на свойства отвержденного фталонитрильного связующего

марки ВСН-31 (разработка ФГУП «ВИАМ», ТУ 1-595-12-1376-2013, патент РФ) и термостойких конструкционных углепластиков на его основе марок ВКУ-38ТР и ВКУ-38ЖН с рабочей температурой 300 °С.

Определены характер кинетических сорбционных кривых и основные параметры сорбции. Значения равновесного влагопоглощения для объектов исследования составляют от 0,3 до 1,1 % масс., в зависимости от режима и материала, что меньше, чем для широко применяемых в машиностроении ПКМ на основе эпоксидных и большинства других матрицах, в том чиле с рабочими температурами выше 250 °С. Методами термического анализа исследовано изменение релаксационного поведения образцов фталонитрильной матрицы и углепластиков на ее основе в исходном состоянии и после увлажнения до состояния равновесного влагопоглощения. Результаты термогравиметрического анализа свидетельствуют о термоокислительной стойкости данных образцов после длительного воздействия повышенной влажности.

Проведенные исследования механических свойств углепластиков ВКУ-38ТР и ВКУ-38ЖН после тепловлажностного воздействия показали их незначительные изменения. В совокупности с низкими значениями влагопоглощения и данными теплофизических исследований, полученные в данной работе результаты свидетельствуют о стойкости данных материалов к длительному воздействию основных внешних воздействующих факторов окружающей среды (тепло, вода, влага).

В работе также проведены испытания данных углепластиков на длительное воздействие повышенных рабочих температур (тепловой ресурс) и выявлены предпосылки для исследования влияния повышенной влажности окружающей среды в процессе наработки теплового ресурса материалов.

Особенности использования кремнийорганических паст с графеновым наполнителем для охлаждения устройств микроэлектроники

Валеев А.Р., Лашков И.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Дмитриев А.С.
МЭИ, каф. НТ
azat-valeev@bk.ru

В настоящее время микропроцессорные устройства стремительно развиваются. Вместе с ними таким же темпом растет и теплонапряженность различных элементов данных устройств, вследствие чего необходимо подбирать эффективную систему охлаждения. Но подобрать надежную систему отвода тепла одно дело, а ведь также необходимо данное тепло эффективно передать этой самой системе. Вот здесь и возникают новые проблемы, касающиеся теплоотвода.

Основная проблема заключается в том, что для наиболее полной передачи тепла системе охлаждения от нагревающего элемента микроэлектроники, например, микропроцессора, между ними необходимо обеспечить плотное соприкосновение, которое полностью исключит зазоры и прослойки воздуха.

Решить данную проблему позволяют различные многокомпонентные вещества, называемые термоинтерфейсами, состоящие из базового материала, связующего, и наполнителя, внедренного в эту связующую основу.

В качестве термоинтерфейса в исследованиях используется кремнийорганическая теплопроводная паста с графеновым наполнителем. Содержание графенового наполнителя в пасте составляет 15%. Для сравнения те же эксперименты проводятся с обычной коммерческой термопастой с углеродно-керамическим наполнителем. Эксперименты по теплоотводу проводятся на установке, представляющую собой системную плату с тепловыделением процессора около 72 Вт. Отвод тепла осуществляется двумя режимами, пассивным и активным. При пассивном охлаждении используется только радиатор. При активном охлаждении к радиатору подсоединяется вентилятор, который обдувает теплообменную поверхность радиатора, увеличивая теплоотвод. Термопасты наносятся на микропроцессор тонким слоем, толщиной не более 0,2-0,3 мм. Контакты термопар,

измеряющие изменение температуры процессора, располагаются на поверхности нанесенной пасты и прижимаются к нему сверху радиатором.

Целью исследования является определение средней температуры нагрева микропроцессора при использовании кремнийорганических паст с графеновым наполнителем и сравнение полученных температурных характеристик с обычной, коммерческой, кремнийорганической пастой. Помимо определения данных характеристик, измеряется скорость остывания процессора после каждого эксперимента, которая также дает возможность оценить теплопроводные свойства графеновой пасты.

Настоящая работа позволяет определить эффективность кремнийорганических паст с графеновым наполнителем для применения в качестве термоинтерфейса на микропроцессорных устройствах последнего поколения, что немаловажно в постоянно развивающейся индустрии микроэлектроники.

Влияние добавки оксида графена на свойства клеевой композиции на основе эпоксидной смолы ЭД-20

Валиев Х.Х., Гуськов Д.В., Семёнов П.Е.
Научный руководитель – с.н.с., к.т.н. Корнев Ю.В.
ИПРИМ РАН
guskovdmitry.iam@gmail.com

Клеевые композиции на основе эпоксидных смол обладают высокой адгезионной прочностью, благодаря чему они интенсивно востребованы в авиационной и космической технике. Конечные свойства эпоксидных композитов можно регулировать различными модифицирующими добавками. Обычно подбор новых наполнителей проводится эмпирически, на что тратятся большие средства, а выбор наполнителя часто оказывается не оптимальным. В работе [1] было проведено квантово-механическое моделирование различных эпоксидных композитов на наноуровне. В результате этих расчетов было выявлено, что из многочисленных исследованных новых наполнителей эпоксидных связующих наиболее эффективными оказались графен, оксид графена и углеродные нанотрубки. Экспериментальное подтверждение эффективности графена в усилении физико-механических свойств композитов на основе смолы ЭД-20 установлено в работе [2], а углеродных нанотрубок в работе [3].

Были исследованы образцы эпоксидной смолы ЭД-20 с концентрацией оксида графена 1% массовых частей относительно матрицы. Эффективный метод получения оксида графена основан на использовании химических окислителей графитового порошка (перманганат калия в среде концентрированной серной кислоты). При окислении внутренних слоев графита межслойные расстояния в кристалле увеличиваются, а энергия взаимодействия между слоями уменьшается. Оксид графита, будучи обработан ультразвуком, образует в воде гомогенную коллоидную дисперсию. Для лучшего распределения оксида графена в матрице смолы ЭД-20 применялся растворитель бензол, а также ПАВ.

При исследовании реологических свойств не отверждённых наноструктурированных клеевых композиций с добавками оксида графена установлено, что характер течения жидкостей линейный. Коэффициент вязкости не зависит от скорости сдвига и растет с добавлением оксида графена, причем, не зависимо от способа введения. Добавки оксида графена влияют на течение композиции. Наибольший эффект достигается при добавлении оксида графена с применением растворителя бензол.

Механические свойства отверждённых клеевых композиций исследовались с помощью лабораторного измерительного комплекса NanoTest 600 (Micro Materials, Англия), методом наноиндентирования с применением сферического индентора. Результаты обработки экспериментальных данных показывают, что образец с введённым оксидом графена с помощью бензола обладает несколько меньшими показателями упругих свойств, чем образец исходной клеевой композиции: значения приведённого модуля упругости 2.81 ГПа и 3.1 ГПа соответственно. Отмечается увеличение приведённого модуля в образце, содержащем оксид графена, введённый классическим

способом, до 3.23 ГПа. Некоторое снижение упругих свойств композиций с добавкой оксида графена в случае применения растворителя для его диспергирования связано с тем, что часть растворителя остается в составе композиции, что несколько снижает её механические свойства после отверждения.

В ходе прочностных испытании клеевых соединений установлено, что максимальный упрочняющий эффект, характерен для образца с оксидом графена, введённым без применения растворителя. Для образцов, где частицы оксида графена вводились с применением растворителя, получены несколько меньшие значения прочности клеевого соединения, но эффект упрочнения также наблюдается. Установлено, что упрочняющий эффект от добавок оксида графена в клеевые соединения составляет порядка 18%.

Исследование и разработка рентгеноконтрастных углепластиков для изготовления медицинских изделий

Давлеткильдин Г.Ш.
Научный руководитель – д.т.н. Золкин П.И.
МАИ, каф. ТКМ,КиМ
gais.05@yandex.ru

В наше время в хирургической практике используются множество разных материалов, обладающих различными свойствами. Наибольшее распространение получили металлические и полимерные материалы. Эти материалы обладают достаточной биосовместимостью, но возникающие трудности и сложности при их изготовлении и обработке, а также высокая стоимость самих материалов не позволяет обширно их использовать.

Известно, что работа имплантата всегда осложняется при сочетании в них металлических деталей с другими материалами, так как появляется риск коррозии деталей и металлизации тканей, покрывающих сам имплантат. Так же известно, что использование металлических эндопротезов приводит к резорбции костей, а наличие локальных напряжений приводит к усталостному разрушению эндопротеза.

На данный момент в современной хирургии актуальной проблемой является создание материалов, которые имели бы медико-технические параметры схожие с характеристиками кости человека, и могли быть использованы при костно-пластических операциях в хирургии.

Особого внимания из этих материалов заслуживают композиты на основе углерода, которые являются одними из наиболее биосовместимых материалов, входящих в состав живых тканей и по своим физико-механическим характеристикам находятся в одном ряду с нативной костью человеческого организма.

Благодаря биостимулирующим воздействиям углепластик может способствовать к регенерации окружающих тканей. Дешевизна, простота изготовления и отсутствие сложностей в техническом применении делают данный материал наиболее перспективным в области хирургической медицины.

Однако, углеродсодержащие материалы не имеют способности к рентгеноконтрастности. Это свойство углеродных имплантатов подтверждается и другими экспериментальными данными, углеродные материалы в различных формах и плоскостях рентгенологически не дифференцируются в силу своей естественной не контрастности. Таким образом, пациент после хирургической операции больше не имеет возможности для повторного рентгенологического осмотра имплантата врачом. Что в свою очередь является огромным недостатком, так как врач не может судить о степени приживления углепластика (имплантата) к кости человека. Для решения данной проблемы была разработана методика, позволяющая искусственно увеличить рентгеноконтрастность углепластика.

Для получения рентгеноконтрастныхматериалов, в процессе их изготовления, между слоями пресс-пакета добавлялись бор (B) и оксид бора (B_2O_3) в различных соотношениях в виде аморфных порошков. Полученные рентгеновские снимки показали,

что самым оптимальным вариантом будет 8% содержание бора в составе изготовленного углепластика. Дополнительные проведенные исследования показали, что добавление порошка бора или оксида бора не имеет отрицательного влияния на свойства самого углепластика.

Разработка и исследование антифрикционного теплостойкого углепластика на основе углеродного волокна из гидратцеллюлозы.

Давлеткулов А.Ф.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Гареев А.Р.
МАИ, каф. ТКМ,КиМ
davletkulov_94@mail.ru

Антифрикционные материалы – материалы, применяемы в узлах трения и характеризующиеся низким коэффициентом трения и незначительным износом

Каждый производитель, эксплуатирующий в процессе производства механические детали, хочет, чтобы эти детали, надежно и долго работали, обходясь без серьезных поломок. Основная причина поломки подвижных деталей любого механизма, заключается в механическом трении, повышении температуры, деформации материала.

В настоящее время в основном для подшипников скольжения применяют керамику, баббиты, бронзы, твердые сплавы. Опыт эксплуатации показывает, что по характеристики насосов с подшипниками из этих материалов не удовлетворяют предъявляемым требованиям. В связи свыше указанным актуальным является создание подшипников скольжения из новых материалов из композитов, способных работать в режиме сухого трения.

Создание теплостойких (температура эксплуатации до 250-300°С), антифрикционных полимерных композиционных материалов (ПКМ) в области машиностроения актуально, как никогда. Достоинство ПКМ, как антифрикционных материалов, определяется: 1) их способностью проявлять значительные упругие деформации, что затрудняет образование при трении адгезионных узлов сцепления в зоне контакта полимер-полимер и полимер-металл и позволяет применять материалы без смазки, с ограниченной смазкой или с подачей ее только начальный период работы узла трения; 2) невысокими или низким коэффициентом трения; 3) легкостью введения в полимеры твердых (дисперсных) и жидких компонентов; 4) удовлетворительной стойкостью к действию абразивных частиц и т.д.

Непрерывный рост нагрузок, температуры и скоростей, усложнение условий эксплуатации узлов трения требуют постоянного улучшения свойств антифрикционных материалов.

В данной работе предоставлен: анализ современного состояния производства теплостойких полимерных связующих и рынка армирующих материалов; выбор оптимального связующего с учетом допустимых температур эксплуатации, особенностей переработки и сфер применения ПКМ на основе теплостойких связующих; выбор длины армирующего материала с учетом прочностных и триботехнических свойств и структуры; разработка технологии изготовления теплостойкого углепластика на основе углеродного волокна из гидратцеллюлозы.

Лазерная микростереолитография хитозан-со-олиголактидов: влияние химической структуры сополимеров

Бардакова К.Н. [1], Демина Т.С.[2], Порицкая А.Ю.[3],
[1]ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН
[2]ИСПМ им. Н.С. Ениколопова РАН
[3]РХТУ им. Д.И. Менделеева, каф. ППМ
detans@gmail.com

Гидрогели на основе полисахаридов широко используются в качестве матриксов для регенеративной медицины, т.е. подложек для прикрепления, роста и пролиферации клеток. Соответственно, к структуре и свойствам таких материалов предъявляются особые

требования, которые направлены на обеспечение высокой биосовместимости, контролируемой скорости биодеградации, свободного тока питательных веществ и метаболитов и т.д. Для решения всех этих задач требуется применение не только современных технологий переработки материалов, но и предварительная модификация самого полимера, что с одной стороны позволяет регулировать свойства материалов на его основе, а с другой – расширить диапазон технологий, которые могут быть для него применены. Так, прививка на линейный гидрофильный полисахарид хитозан гидрофобных фрагментов олиголактидов обеспечивает не только комбинацию преимуществ этих биодеградируемых полимеров, но и позволяет получать стабильные гидрогели на их основе методом лазерно-индуцированной микростереолитографии.

Целью работы являлось изучение возможности получения структурированых гидрогелей из сополимеров хитозана, содержащих фрагменты олиго(L,L-/L,D-лактидов) со степенью полимеризации ≤70, а также оценка влияния молекулярной массы (ММ) основной цепи хитозана и стереохимического состава привитых цепей на эффективность двухфотонной микростереолитографии. Сополимеры хитозана с олиголактидами получали путем твердофазного реакционного смешения хитозана (ММ 80 или 320 кДа) с аморфно-кристаллическим олиго(L,L-лактидом) или аморфным олиго(L,D-лактидом) с ММ 5 кДа. Полученные образцы были охарактеризованы методом ИК-спектроскопии и фракционным анализом. Фоточувствительные композиции получали путем смешения концентрированных растворов сополимеров в 2% уксусной кислоте с фотоинициатором Irgacure 2959; исследовано влияние введения диакрилата полиэтиленгликоля. Структурирование проводили с использованием в качестве источника лазерного излучения второй гармоники фемтосекундного лазера «ТЕМА–1053/100» с длиной волны 525 нм, длительностью импульса 200 фс и частотой 70 МГц.

Исследование спектров электронного поглощения полученных систем показало, что в отличие от немодифицированных образцов хитозана в продуктах реакционного смешения наблюдается появление коротковолновых полос, характерных для олиголактидов, и увеличение интенсивности полос в диапазоне 290-380 нм, что близко к рабочей частоте лазера (262 нм). В отличие от немодифицированного хитозана, синтезированные сополимеры способны к структурированию методом лазерной микростереолитографии. Образцы, полученные на основе сополимеров, содержащих фрагменты олиго(L,D-лактида), состояли из воспроизводимых элементарных единиц, которые сохраняли свою архитектуру при отмывке от несшитых фрагментов. Структурирование композиций на основе сополимеров с олиго(L,L-лактидом) приводило к формированию более дефектных гидрогелей, которые характеризовались сниженными механическими характеристиками и высокой степенью набухания.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (№ 15-02-06233-а). Авторы выражают благодарность Е.А. Свидченко, к.ф.-м.н. Н.М. Сурину, к.х.н. А.В. Истомину и коллективу под руководством д.х.н. П.С. Тимашева за помощь в проведении исследований.

Моделирование химической реакции горячего отверждения препрега надувной антенны наноспутника на космической орбите

Елисеева А.Ю.
Научный руководитель – д.ф.-м.н. Свистков А.Л.
ИМСС УрО РАН, лаб. МСНС
anastasia_elis@mail.ru

Наноспутники - это малые космические аппараты массой от 1 до 10 кг, имеющие достаточно широкий спектр применения. В настоящее время они активно используются для дистанционного зондирования Земли, фотосъемки поверхности, картографирования, прогноза землетрясений, исследования ионосферы. К главным достоинствам данных космических аппаратов относятся относительно невысокая стоимость, простота сборки, мобильность и универсальность при решении различных задач на околоземной орбите.

Важная часть наноспутника – это его антенна. На сегодняшний день актуальным остается вопрос о выборе ее оптимальной конструкции. В частности, учеными из Массачусетского технологического института была разработана надувная антенна, которая в надутом виде имеет форму конуса, а в сложенном состоянии занимает объем всего 10 кубических сантиметров. Такой тип антенны обеспечивает дальнюю связь – в 7 раз дальше, чем антенны современных наноспутников. Однако, для обеспечения работоспособности конструкции требуются механизмы, обеспечивающие регулировку подачи газа в надувные элементы антенны, дополнительные емкости с газом или емкости с химическими элементами для его получения

В рамках данной работы предлагается усовершенствовать эту надувную конструкцию антенны, путем ее изготовления из препрега, и отверждения в условиях открытого космоса. Главными достоинствами этой технологии являются высокий коэффициент упаковки во время транспортировки, возможность передачи более сильных сигналов на Землю, долговечность полученной конструкции.

В ходе работы была разработана математическая модель реакции горячего отверждения препрега, которая учитывает изменение концентраций компонентов реакционной смеси. Для построения математической модели были выделены группы атомов, реагирующих компонентов, которые дают полную информацию о ходе химической реакции. Такая информация необходима для прогнозирования оптимального режима отверждения антенны на околоземной орбите, и для последующего перехода в работе по проекту к построению математической модели формирования механических свойств композитного материала в космосе, из которого состоит оболочка антенны.

Работа выполнена при финансовой поддержке фонда РФФИ (грант № 16-48-590844).

Сканирующая калориметрия сополимеров этилена с пропиленом

Заболотская К.В.[1], Хасбиуллин Р.Р.[2]
Научный руководитель – профессор, д.х.н. Чалых А.Е.
[1]МАИ, [2]ИФХЭ РАН им. А.Н. Фрумкина
Aksinya94@yandex.ru

Одно из направлений разработки полимерных материалов связано с применением в качестве компонентов смесей сополимеров различного состава и строения цепи. Принципиальное значение для выбора условий формирования материала имеют термохимические характеристики исходных компонентов.

В настоящей работе исследовано влияние на эти характеристики сополимеров на примере поли(этилен – со – октен), поли(этилен – со – гексен),поли(этилен – со – децен) и поли(этилен – со – пропилен).

Исследования проводились методом термического анализа с использованием дифференциального сканирующего калориметра NetzschDSC 204 F1 в атмосфере аргона.

Образцы, полученные методом радикальной полимеризации в лаборатории Института химической физики РАН, нагревали от –100ºС до 250ºС при скоростях нагрева 10 град/мин и 20 град/мин.

Получены термограммы для сополимеров с различной длиной привитого сегмента, по которым по стандартной методике были определены температуры плавления($T_{пл}$), степени кристалличности и энтальпии(ΔН).

№ п/п	Объект исследования	($T_{пл}$), °С	(ΔН), Дж/г	($T_{ст}$), °С	ΔC_p, Дж/(г×К)	Степень кристалличности, %
1	ПЭ PE6948C	144	182,8	–	-	62,39
2	ПП INEOS TUBA650	171	99,41	–	-	47,56
3	поли(этилен – со – гексен) 206	128	125,7	–	-	42,90

4	поли(этилен – со – гексен) 207	126	121,7	–	-	41,54
5	поли(этилен – со – гексен) 205	124	32,0	–61	0,060	10,92
6	поли(этилен – со – гексен) 208	123	33,1	–	-	11,30
7	поли(этилен – со – децен) 305	121	132,2	–23	0,038	45,12
8	поли(этилен – со – октен) 568	129	148,3	–	-	50,61
9	поли(этилен – со – пропилен) 83440	170	82,51	–	-	28,16
10	поли(этилен – со – пропилен) 83490	168	82,99	–	-	28,32
11	поли(этилен – со – пропилен) 83492	170	81	–	-	27,65

Их приведенных данных следует, что при переходе от полиэтилена к его сополимерам различного состава наблюдается снижение температуры плавления и теплоты плавления.

Свойства листовых упрочненных термопластов на основе полифениленсульфидной матрицы и углеродных волокон

Зуев К.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Бухаров С.В.
МАИ, каф. ТКМ,КиМ
kostya2302@bk.ru

В последнее время значительно возрос интерес к термопластичным композиционным материалам (ТКМ), упрочненным непрерывными волокнами, как к материалам, способным заменить материалы на основе термореактивных связующих во многих сферах промышленности, причем не только авиационной и космической, но также и в машиностроении и автомобилестроении.

Основной причиной повышения спроса на такие материалы является выгодная комбинация уникального комплекса ценных свойств (сочетание относительно невысокой плотности с высокой удельной прочностью, жесткостью, теплостойкостью и устойчивостью к воздействию агрессивных сред) и высокой технологичности (способность изготовления из заготовок деталей сложной конфигурации вследствие возможности изменения формы при нагревании, возможность соединения деталей сваркой), а также возможность вторично перерабатывать отходы производства заготовок-полуфабрикатов и готовых изделий, забракованные в процессе изделия и изделия, вышедшие из строя в процессе эксплуатации.

Наибольшим потенциалом в качестве термопластичной матрицы для создания таких материалов обладают высокотермостойкие (или суперконструкционные) термопласты, сочетающие высокий уровень механических свойств (разрушающее напряжение 160-220 МПа) с теплостойкостью по Мартенсу более 200 ^{o}C и длительной работоспособностью при высоких температурах (более 180-240^{o}C) при постоянных нагрузках до 40 МПа. К таким материалам относят ПКМ на основе полиимидов, полисульфонов, полиариленэфиркетонов, полифениленсульфидов, жидкокристаллических полиэфиров и др. Среди них заметное место занимает полифениленсульфид (ПФС), ПКМ на основе которого обеспечивают основные требования к изделиям для аэрокосмической техники и многих других отраслей промышленности и электротехники/электроники.

В работе в качестве исходной матрицы использовались линейные низкохлористые полифениленсульфиды производства NHU (Китай) с различной вязкостью. В качестве армирующего наполнителя использовался среднемодульный углеродный некрученый жгут (ровинг) TenaxIMS65 E23 24K 830tex (количество филаментов в жгуте – 24000,

изготовлен на основе полиакрилонитрильных нитей) производства TohoTenaxEurope. Важно отметить, что использовавшиеся в работе ПФС обладают сравнительно низкой вязкостью, что облегчает пропитку углеродногожгута расплавом связующего, позволяя добиться меньшей пористости получаемого материала и, соответственно, большей степени реализации упруго-прочностных свойств углеродных волокон.

В процессе исследований отработаны оптимальные режимы получения непрерывно армированного ТКМ методом прессования, изучена структура термопластичной матрицы, образующаяся в процессе формования.

Результаты, полученные в ходе исследований, доказывают возможность применения низковязких полифениленсульфидов в качестве термопластичной матрицы для изготовления низкопористых ЛУТ на основе непрерывного углеродного наполнителя.

Обработка поверхности пирографита плазмой воздуха, аргона и азота

Имаметдинов Э.Ш.[1]
Научные руководители – доцент д.т.н. Лигачёва Е.А.[1], Степаненко В.Ю.[2]
[1]МАИ, каф. ТКМКМ, [2]ИФХ РАН
elnar94@mail.ru

При изготовлении изделий из углеродных материалов приходится применять различные способы обработки поверхности деталей. Это касается и методов соединения графитов с помощью пайки. При использовании этой технологии необходимо обращать внимание на состояние поверхности (топографию поверхности, её элементный и фазовый состав) соединяемых изделий. Обработка холодной плазмой поверхности конструкционных материалов оказывает существенное влияние на характеристики смачивания (краевой угол, растекание) этих материалов различными жидкостями.

Целью данной работы является изучение топографии поверхности пирографита, как модельного материала, а также смачивание её дистиллированной водой после его обработки плазмой воздуха, аргона и азота на воздухе.

Исследовали образцы пирографита размером 10x10x1,5-2 мм, на поверхность которых направлялся поток плазмы. Ось потока - перпендикулярна облучаемой поверхности, которая обрабатывалась плазмой на воздухе. Для получения струи плазмы атмосферного давления используется источник плазмы (разработанный О. А. Буреевым, Институт электрофизики УрО РАН) с цилиндрическим графитовым катодом и стержневым анодом. Устройство генерирует струю холодной плазмы диаметром ~ 1 см в потоке различных плазмообразующих газов, включая азот, аргон и атмосферный воздух, со средним током разряда ~ 100 мА.

Топографию поверхности пирографита до и после облучения плазмой исследовали с помощью растрового электронного микроскопа FEI Quanta 600 FEG с полевой эмиссией. Данные о гидрофильности поверхности получали, измеряя равновесный краевой угол смачивания дистиллированной водой на установке Easy Drop фирмы Kruess. В данном исследовании смачиваемость определяется методом лежачей капли.

Исследования поверхности с помощью растровой электронной микроскопии показали, что:

- на поверхности облученного атмосферной плазмой образцов обнаружены кратеры округлой формы диаметром от 1 до 10 мкм, в которых расположены частицы от 10 до 100 нм, имеющие неправильную форму и плоские участки поверхности;
- после облучения аргоновой плазмой на поверхности кратеров формируются частицы в форме сфероидов диаметром от 1 до 4 мкм и высотой от 2 до 6 мкм;
- после облучения плазмой азота на поверхности образца образуются островки с изменённой структурой.

При исследовании смачивания облученной поверхности пирографита дистиллированной водой установлено влияние времени облучения на величину краевого угла смачивания. Величина краевого угла смачивания изменяется от 43° до 110° с изменением времени и режимов облучения.

Измерения равновесного краевого угла смачивания поверхности пирографита показали, что:

- после обработки плазмой аргона поверхности пирографита наблюдается уменьшение величины краевого угла смачивания почти в 2 раза по сравнению с необработанной поверхностью;
- обработка поверхности пирографита плазмой азота приводит к гидрофобизации облученной поверхности, о чём свидетельствует увеличение равновесного краевого угла смачивания дистиллированной водой до величины угла равной 110°±2°.

Исследование возможности применения вспененных заполнителей в панелях трехслойной конструкции

Исхаков В.С.[1,2]
Научные руководители – к.т.н. Червяков А.А.[1], Морозов Б.Б.[2]
[1] МАИ, каф ТКМ,КиМ; [2] Филиал ПАО «Компания «Сухой» «ОКБ Сухого»
vsi6395@mail.ru

При изготовлении обтекателя поворотного носка летательного аппарата, для обеспечения требуемой изгибной жесткости была применена дополнительная диафрагма, устанавливаемая в обтекатель в продольном направлении с использованием клея холодного отверждения. Упомянутое решение не является оптимальным из-за низкой контроле пригодности прочности клеевого соединения. Сотовый заполнитель в подобной конструкции не применим из-за невозможности формовать изделие под давлением перпендикулярно стенкам сот. Одним из возможных решений повышения надежности конструкции и обеспечении необходимой жесткости, является применение вспененного заполнителя.

Целью настоящей работы являлось исследование возможности применения вспененных заполнителей в трехслойных конструкциях из ПКМ

В процессе исследования были изготовлены специальные образцы, с помощью которых, подтверждено отсутствие усадки заполнителя. Так же подтверждена совместимость вспененного заполнителя склеенного клеем холодного отверждения с стеклопластиком путем изготовления «грибков», подвергнутым испытаниям на равномерный отрыв.

При проверке изготовленных образцов импедансным методом контроля были обнаружены непроклеи со стороны стенки. Возможные причины:

– При выкладке заполнителя на поверхность внутренней обшивки остаются мелкие воздушные включения, которые группируются в зоне наименьшего давления

– Одной из причин непроклея может быть затекание клея в открытые поры, образующиеся при фрезеровке вспененного заполнителя. Вследствие этого, количества клея, предусмотренного нормативной документацией, не достаточно для образования надежного соединения

Решение: прикатывать роликом после сборки пакета до формования вакуумного мешка (вопрос по направлению из-за направления укладки). Данное решение не применимо для обеспечения аналогичных требований для детали сложного контура

В связи с этим, для сложных деталей рекомендуется применить наполнитель (стеклянные микросферы), что бы увеличить вязкость клеевого состава.

Изучение реологических свойств дисперсно-наполненных эпоксидных композиций

Гафиятуллина С.И., Ибатуллин И.М., Камалов А.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Магсумова А.Ф.
КНИТУ-КАИ, каф. ПЛА
kamalov_an@mail.ru

Введение различных наполнителей в состав эпоксидных смол сопровождается появлением нового комплекса эксплуатационных свойств у получаемой наполненной композиции. В настоящее время весьма актуально введение углеродсодержащих частиц:

технического углерода (сажи), шунгита и т.п. Для разработки технологического процесса производства полимерного композиционного материала на основе дисперсно-наполненных связующих, важным вопросом является изучение реологического поведения получаемой дисперсно-наполненной системы.

Целью данной работы была разработка углеродосодержащих эпоксидных связующих при минимальном содержании наполнителя с сохранением исходных технологических свойств связующего или при их незначительном изменении, а также получении дисперснонаполненных полимеров с повышенными теплофизическими, механическими свойствами.

В данной работе представлены результаты реологических исследований дисперсно-наполненных эпоксидных композиций. В качестве объектов исследования были выбраны: эпоксидиановая смола марки ЭД-22, технический углерод (Т900), а также шунгиты нанодисперсного и микродисперсного размера. Степень наполнения эпоксидных составов добавками варьировалась от 1 до 5 мас%. Вязкость образцов определялась при помощи реометра «Reostress» 6000 фирмы Haake. Часть экспериментов проводилась при линейно изменяющейся температуре в диапазоне от 20 до 100 С° и постоянной скорости сдвига равной 10 $с^{-1}$, таким образом были получены зависимости вязкости связующего от изменения температуры. Затем по полученным графикам для определенных температурных точек, вязкость измеряли при фиксированной температуре, но линейно изменяемой скорости сдвига от 0,001 до 2700 $с^{-1}$.

В результате работы было выявлено, что для образца с содержанием нанодисперсного шунгита 1 мас% характерен минимум значения вязкости при температуре Т=24° при постоянной скорости сдвига. Когда образцы были подвергнуты испытанию с фиксированной температурой и линейно изменяющейся скоростью сдвига, на общем фоне вязкость образца с нанодисперсным шунгитом 1 мас% была ниже значения вязкости исходной чистой смолы. Подобное поведение наполненных смесей рассматривалось в работе [1]. Для образца с техническим углеродом Т900 при температуре 24°С заметно увеличение вязкости при скорости сдвига в диапазоне от 0 до 1200 $с^{-1}$, затем значения вязкости плавно уменьшается.

Полученные результаты требуют более тщательного изучения для их практического применения в производстве с целью оптимизации технологических процессов получения дисперсно-наполненных композиционных материалов.

Литература:

1. Пыхтин А. А. Влияние ультрадисперсных наполнителей на свойства низкомолекулярных жидкостей и композиций на основе эпоксидных олигомеров // Вестник МИТХТ, 2013, т. 8, № 4. – С.113-118.

Разработка технологии изготовления композиционного материала армированного короткими высокопрочными волокнами

Камалиева Р.Н.
Научный руководитель – Чарквиани Р.В.
Самарский университет, каф. КиПЛА
kam.rn@yandex.ru

Слоистые композиционные материалы имеют широкое применение в авиационной технике и обладают высокими механическими характеристиками. Однако их слоистая структура не позволяет эффективно воспринимать и сопротивляться объёмному напряжённо-деформированному состоянию. Для изготовления узлов сложной формы, воспринимающих сосредоточенные нагрузки, предпочтительна технология литья под давлением. Такая технология может применяться с использованием композиционных материалов, армированных короткими высокопрочными волокнами. Важнейшим вопросом, при изготовлении такого материала, является выбор оптимального объемного содержания армирующих волокон и их длины.

Для изготовления образцов композиционного материала армированного короткими высокопрочными волокнами методом литья под давлением была изготовлена специальная

оснастка, состоящая из двух частей: формообразующая часть (матрица, представляющая собой пластину с литьевым каналом) и нагнетающая (насос, состоящий из цилиндра и штока, устанавливаемого в захваты универсальной сервогидравлической машины).

Образцы изготавливались из композиционного материала на основе эпоксидной смолы и предварительно нарезанных и высушенных в вакууме коротких угольных волокон. Перед процессом литья образцов компоненты эпоксидной системы и все детали технологической оснастки выдерживаются в термокамере при температуре 40°С.

После этого компоненты смолы и углеродные волокна смешиваются в вакуумной среде для отсутствия пор в будущем материале. С этой целью разработан вакуумный смеситель, представляющий собой стальной сосуд и крышку из прозрачного пластика. Для смешивания компонентов используется миксер, состоящий из крыльчатки и стержня. В крышке имеется отверстие для проведения стержня из вакуумной камеры в атмосферу. Отверстие снабжено герметичной манжетой.

Смесь заливается в цилиндр, после чего поршень опускают до необходимого начального уровня. Далее запускается программа, которая при помощи сервогидравлической машины меняет положение поршня в цилиндре. Скорость перемещения поршня составляет 15 мм/мин. Таким образом, поршень выдавливает материал через имеющийся в цилиндре штуцер и способствует его перемещению по толстостенному силиконовому шлангу в формообразующую оснастку.

Было произведено литье девяти пластин материала с различным составом. Менялись длина и объемное содержание армирующих углеродных волокон. Изготавливались смеси с объемным содержанием армирующего вещества 1, 2 и 3%. Длина волокон варьировалась от 0.3 до 0.9 мм. Прочность материалов оценивалась в процессе статических и циклических испытаний. Оптимальным оказался состав материала с 3% содержанием армирующих углеродных волокон длиной 0.3 мм, средний предел прочности которого составил 79 МПа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-31-00365 мол_а.

Взаимодействие клеевых пленок с компонентами отверждающегося эпоксидного связующего

Козловская А.С.[1],Соколова А.В.[2]
Научные руководители – профессоры, д.т.н. Бабаевский П.Г.[1], д.х.н. Чалых А.Е.[3]
[1]МАИ, каф. ТКМ,КиМ, [2] АО «ОНПП «Технология» им. А.Г.Ромашина», [3]ИФХЭ РАН
anjaschka@mail.ru

Традиционная технология изготовления трехслойных сотовых панелей с обшивкой из ПКМ, заключающаяся в склеивании предварительно отформованных обшивок с сотовым заполнителем с помощью клеевой пленки, влечет за собой повышенные время-, трудо- и энергозатраты. Улучшенная технология методом вакуумно-инфузионного формования решает эти проблемы благодаря одностадийному технологическому процессу, в котором совместное пропитка связующим сухих обшивок, их отверждение и склеивание с сотовым заполнителем происходит за один цикл. Технология заключается в следующем:

- собирается технологический пакет: нижняя обшивка (слой сухой углеродной ткани), клеевая пленка, соты, клеевая пленка, верхняя обшивка (слой сухой углеродной ткани).
- сборка упаковывается в вакуумный мешок, вакуумируется, пропитывается жидким полимерным связующим под вакуумом (вакумно-инфузионное формование) и отверждается в промышленной печи под вакуумом.

При пропитке верхней обшивки связующее может затекать в ячейки сот, проникая через исходную клеевую пленку. Поэтому поставленной целью работы являлось изучение проницаемости клеевой пленки, которая должна выполнять роль защитного барьера для компонентов связующего в процессе пропитки, в зависимости от степени ее предотверждения.

На данном этапе работы определены коэффициенты взаимодиффузии и растворимости основного компонента отверждающегося связующего - эпоксидной смолы в клеевых пленках и сделаны выводы об их проницаемости при различной степени предотверждения. Объектами исследования служили клеевые пленки (Redux, ВК-36) и эпоксидная смола (Araldit), являющаяся основой двухкомпонентного связующего, состоящего из этой смолы и отвердителя Araldur и используемого для пропитки сухой углеродной ткани.

Методом оптической лазерной интерферометрии проведены комплексные исследования растворимости и взаимодиффузии в системах клеевая пленка – эпоксидная смола. В основу метода заложено явление многолучевой интерференции от двух поверхностей стеклянных пластин, образующих между собой небольшой угол ($\theta \leq 2^{o}$).В интерферометре параллельный пучок монохроматического света проходит через образовавшийся зазор переменной толщины, в котором приведены в контакт пленка и смола. Благодаря разности хода прошедшего и отраженного лучей, возникает интерференционная картина (интерферограмма), которая регистрируется компьютеризированной оптической системой. Интерференционная картина локализована на нижней поверхности клина и состоит из чередующихся светлых и тёмных полос, параллельных ребру клина.

В ходе проведенных исследований получены интерферограммы для систем эпоксидная смола - клеевые пленки с различной степенью преотверждения и при разных температурах. По полученным интерферограммам установлено, что в исследуемом диапазоне температур (25-120°С) исходные клеевые пленки полностью совместимы с эпоксидной смолой. Для этих систем построены температурные и концентрационные зависимости коэффициентов взаимодифузии. Определение растворимости смолы в клеевых пленках позволило оценить коэффициенты проницаемости пленок для смолы.

Влагонасыщение композитных материалов в реальных климатических условиях

Колесник К.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Замула Г.Н.
МФТИ (ГУ), каф. Прочности ЛА
ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского
kirill_kolesnik@mail.ru

В настоящее время полимерные композиционные материалы (ПКМ) активно внедряются в высоконагруженные авиаконструкции. Благодаря широкой географии использования авиации, авиаконструкции подвергаются воздействию различных климатических факторов. Влагонасыщение конструкций из ПКМ зачастую приводит к деградации их прочностных характеристик. Поэтому возможность предсказания распределения влаги в конструкциях из ПКМ в процессе длительной эксплуатации является актуальной задачей. В процессе эксплуатации на влагонасыщение оказывают влияние переменные по времени температура, влажность воздуха, скорость ветра и интенсивность солнечной радиации. Вышеперечисленные климатические факторы имеют как суточную, так и сезонную периодичность, что необходимо принимать во внимание при прогнозировании влагонасыщения. С другой стороны, периодичность рейсов, отражающая способность поверхности, нагрузки, а также диффузионные параметры покрытия также оказывают значительное влияние на влагонасыщение конструкций.

Для определения распределения влаги вконструкциях из ПКМ в процессе длительной эксплуатации было проведено численное моделирование влагонасыщения пластин из углепластика на основе связующего марки CYCOM 977-2 и наполнителя марки TENAX ® IMS в условиях различных климатических зон. Моделирование велось путём численного решения одномерного уравнения Фика. Для моделирования суточных и сезонных колебаний концентрации влаги в поверхностных слоях материала расчётная сетка сгущалась у поверхности листа. При проведении расчётов использовались метеорологические данные 10 различных точек мира.

В результате было установлено, численный расчёт хорошо согласуется с результатами экспонирования образцов углепластика в климате Сочи. В процессе расчётов для различных точек мира, наибольшее влагонасыщение было получено при использовании климата Порт-Харкорт, Нигерия, где для пластин в диапазоне 3–10 мм уровень влагонасыщения составляет 85% от предельного. Именно такой уровень относительной влажности при проведении ускоренных климатических испытаний материалов и конструкций. Учёт интенсивной эксплуатации авиаконструкцийна больших высотах приводит к понижению уровня влагонасыщения конструкций с большой толщиной стенок. В случае тонкостенных конструкций, влияние эксплуатации зависит от расписания авиарейсов (дневные или ночные). Нагрев за счёт солнечной радиации также приводит к снижению уровня влагонасыщения. Эксплуатационные нагрузки могут приводить к слабому ускорению влагонасыщения. Одновременное воздействие вышеперечисленных факторов может приводить как к повышению уровня влагонасыщения, так и к понижению.

Пути повышения термостойкости стеклопластиковых сотовых заполнителей до 500-600°С

Корнейчук А.Н.[1].
Научный руководитель – к.т.н. Волков В.С.[1],
научный консультант – профессор, д.т.н. Бухаров С.В.[2]
[1] АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина», [2]МАИ, каф. ТКМ,КиМ
korneychukan@technologiya.ru

Сотовые заполнители являются одной из наиболее значимых инноваций композитной промышленности. Они широко используются в качестве заполнителя сэндвичевых конструкций во многих отраслях, таких как авиакосмическая отрасль, автомобилестроение, железнодорожный транспорт и т.д. Одним из типов сотовых заполнителей являются стеклопластиковые сотовые заполнители или стеклосотопласты (ССП).

В качестве армирующего наполнителя для получения термостойких и прочных ССП была выбрана кварцевая стеклоткань марки ТК-3.

Сравнительный анализ традиционных и перспективных полимерных матриц по наиболее важным тепло-прочностным и функциональным свойствам показывает явное преимущество сетчатых полиимидных матриц, получаемых по принципу PMR.

В нашей стране разработаны и наиболее полно исследованы стеклосотопласты на основе полиимидного связующего марки СП-97К. Однако, температура эксплуатации ПКМ на основе данного связующего не превышает 350°С.

Повышение термостойкости полимера возможно посредством создания новых связующих, отвечающих новым требованиям (однако это очень длительный и дорогостоящий процесс), либо модифицированием уже известных полимеров добавками, меняющими их свойства в зависимости от области применения.

Наиболее перспективными представителями соединений, применяющихся в качестве добавок для повышения термостойкости полимеров, являются борсодержащие и карборансодержащие соединения. В ходе литературного поиска выбраны полиметилен-n-трифениловый эфир борной кислоты (ТФБ) и орто-карборан (Д-9-о).

Методом термогравиметрического анализа ТГА показано, что потеря 10% массы модифицированного связующего наблюдается при 520–530°С по сравнению с 300–320°С у немодифицированного связующего.

Методом ИК-спектрометрии показано, что структура композиции представляет собой взаимопроникающие трехмерные структуры полиимидного связующего и модифицирующей добавки.

Изготовлены экспериментальные сотоблоки с размером грани ячейки 4,2 мм на основе стеклоткани марки ТК-3 и связующего СП-97К, модифицированного выбранными добавками в оптимальных соотношениях.

Проводили испытания на определение предела прочности при сжатии. Испытания проводились при температурах 20°С и 500°С (выдержка при температуре 10 мин.). Также проводили испытания при температуре 600°С (выдержка при температуре 1 мин.). Результаты испытаний сравнивали со свойствами стеклосотопласта марки ССП-7-4,2 на основе немодифицированного связующего СП-97К.

Испытания показали сохранение до 30% от исходной прочности при 500°С и до 20% при 600°С после кратковременного воздействия.

Таким образом, предложенный способ повышения термостойкости полиимидного связующего показывает возможность получать стеклопластиковые сотовые заполнители на рабочую температуру до 500–600°С.

Создание композита с применением матрицы из поликарбосилана

Жигалов Д.В.[1], Королев А.П.[2], Щербакова Г.И.[1],
Научный руководитель – проф., д.т.н. Бухаров С.В.[2].
[1]ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС», [2]МАИ, каф. ТКМ,КиМ
alex193@list.ru

Композиционные материалы с керамической матрицей (ККМ) способны выдерживать высокие температуры в окислительных средах при сохранении физико-механических свойств.

ККМ состоят из двух компонентов, армирующего наполнителя, как правило, углеродного или карбидокремниевого волокна, и керамической матрицы.

Методы изготовления ККМ можно разделить на две больших группы: первыйспособ –метод газовой инфильтрации (CVI) тканной преформы,второй – пропитка тканной преформы раствором или расплавом ПКСи последующий пиролиз (PIP).

Широкое распространение в промышленности получил материал на основе реакционно-спеченного карбида кремния (C/SiC, SiC/SiC) благодаря практически безусадочной технологии производства и низкой температуре спекания.

В настоящей работе использовали методPIP для изготовления карбидокремниевых керамокомпозитов.

При пропитке необходимо полное закрытие всех пор, и прочих пустот в материаленаполнителя, что достигается многократным, последовательным проведением следующих стадий: 1стадия – пропитка углеграфитовых образцов растворами ПКС-м и2 стадия –высокотемпературная обработка в инертной атмосфере (пиролиз).

С целью определения оптимальной концентрации пропиточныхрастворов проведено исследование изменения вязкостных характеристик толуольных растворов базового поликарбосилана в зависимости от концентрации. Изменение содержания ПКС в составе связующего раствора приводит к изменению вязкости и плотности последнего. Значение вязкости связующего раствора позволяет судить о возможности использования его для пропитки углеродных материалов.

Пропитку проводили в три этапа:

1-ый этап: при комнатной температуре и остаточном вакууме в течение 1 часа, затем гасили вакуум и продолжали пропитку в токе азота еще 2 часа;

2-ой этап: испарение растворителя под вакуумом, реактор нагревали до 50-80 ºС для улучшения процесса отгонки растворителя.

3-ий этап: отверждение образца: реактор нагревали до 300 ºС и выдерживали в течение 1 часа при этой температуре, затем повышали температуру до 350 ºС и выдерживали в течение 3,5 часов. После охлаждения реактора, его помещали в бокс, заполненный азотом, где производили выемку экспериментального образца из углеродной ткани, пропитанного раствором ПКС.

Пиролиз проводили при температуре 1100 ºС, после охлаждения печи до комнатной температуры пиролизованные образцы вынимали и рассчитывали керамический выход (привес) карбидокремниевой керамики в опытных образцах.

Таким образом, на первом этапе исследований подобраны SiC-связующее, изучены физико-химические свойства современными методами: ТГА, ТМА, ИК-спектрометрии. Получены образцы композиционного керамического материала.

Размерная обработка углепластиков излучением короткоимпульсных и непрерывных волоконных иттербиевых лазеров

Котов С.А.
Научный руководитель – д.т.н. Лябин Н.А.
ООО НТО «ИРЭ-Полюс»
skotov@ntoire-polus.ru

Одним из направлений развития авиационной техники является широкое внедрение в конструкциях изделий композиционных материалов (КМ) в которых в качестве армирующего наполнителя используются углеродные волокна, нити, ленты, ткани различной текстуры, а в качестве связующей матрицы – термореактивные и термопластичные пластики на основе эпоксидных, имидных, фенольных и др. смол. На финальном этапе изготовления изделий из КМ возникает необходимость в дополнительной размерной обработке по формированию в них окон, отверстий и других элементов, которые нецелесообразно или невозможно изготовить на стадии предварительного формообразования. Традиционные способы обработки (механическая обработка режущим инструментом и гидроабразивная резка) обеспечивают приемлемое качество и скорость обработки, но обладают существенными недостатками: быстрый износ режущего инструмента, высокая стоимость расходных материалов, расслоение материала из-за вибрационных и ударных нагрузок, ограничения на контур раскроя. Лазерная обработка КМ считается наиболее перспективным бесконтактным, гибким в управлении, производительным и не требующим расходных материалов способом обработки.

Для экспериментальной оценки режимов лазерной размерной обработки углепластиков толщиной от 1 до 3 мм были разработаны экспериментальные технологические установки на базе импульсного наносекундного и мощного непрерывного волоконных лазеров с длиной волны излучения λ=1,06 мкм, в которых для перемещения луча в поле обработки использовался двухосевой гальваносканер с F-Theta линзой. Основными критериями оценки качества детали из КМ при лазерной обработке являются: дефекты внутренней структуры (зона термического влияния, расслоение), дефекты геометрии канала реза (конусность и шероховатость поверхности).Исследования показали, что при установленных рекомендуемых технологических параметрах и алгоритме обработки, зона термического влияния не превышает 50 мкм, конусность стенки канала реза составляет менее 100 мкм, шероховатость поверхности реза соответствует 4 классу чистоты по ГОСТ 2789-73. Механические испытания на прочность конструктивно-подобных образцов из термореактивного углепластика со сквозным отверстием в соответствии со стандартом ГОСТ 33375-2015 показали, что лазерная обработка обеспечивает результат, сопоставимый с механической обработкой режущим инструментом и гидроабразивной резкой. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения волоконных иттербиевых лазеров для выполнения качественной размерной обработки КМ.

Выбор современного теплозащитного материала и метода его присоединения к аэродинамическому рулю летательного аппарата

Курапов Е.А.[1]
Научные руководители – к.т.н. Червяков А.А.[1], Данилов С.А.[2]
[1]МАИ, каф. ТКМ,КиМ, [2]АО «МКБ «Факел»
Neckros123@rambler.ru

Современные летательные аппараты могут эксплуатироваться при чрезвычайно высоких температурах. В таких условиях материалы быстро утрачивают свои эксплуатационные свойства. Аэродинамический руль является частью летательного

аппарата. В процессе эксплуатации он подвергается высоким аэродинамическим, тепловым и эрозионным нагрузкам и может нагреваться до 1500^{o}C в течение минуты. Поскольку конструкция руля полая и изготовлена из конструкционных сталей, у которых рабочая температура до 500^{o}C, для сохранения работоспособности руля в процессе эксплуатации необходимо обеспечить его теплозащитой. Принцип действия теплозащиты для рассматриваемого аэродинамического руля основан на саморегулирующемся процессе абляции (тепло- и массообмен между компонентами высокоскоростного, высокотемпературного набегающего потока и компонентами материала, сопровождающемся разрушением материала). Абляционная теплозащита на основе полимерных материалов является наиболее эффективной как в весовом отношении, так и с точки зрения параметров набегающих потоков. Ранее в качестве теплозащиты использовали напыляемое покрытие, но оно не обеспечивает защиты руля на современных летательных аппаратах с повышением их тактико-технических характеристик. К тому же напыляемое покрытие имеет высокую повреждаемость при хранении и транспортировке, поэтому предлагается в качестве теплозащиты аэродинамического руля использовать обшивку из полимерного композиционного волокнистого материала (ПКВМ).

Анализ современных ПКВМ для применения их в качестве теплозащиты, компьютерное моделирование воздействия высокоскоростного теплового потока на такие материалы в программном пакете Ansys, расчёт характеристик абляции позволили выбрать оптимальный материал для теплозащиты.

Обосновано и выбрано автоклавное формования теплозащиты аэродинамического руля из ПКВМ на основе кремнеземной многослойной ткани и феноло-кремнийорганического связующего с одновременным приклеиванием формуемой теплозащиты в автоклаве с помощью клея ВК-18.

Проектирование узлов механических композитно-металлических соединений

Ларионова А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Дудченко А.А.
МАИ, каф.603
a.larionova@inbox.ru

В настоящее время по-прежнему остается очень важным решение задачи, связанной с передачей усилий в месте стыка при переходе нагрузки от композитной панели к металлическому узлу. В таких очень нагруженных местах передача усилий осуществляется механическим способом с помощью болтовых и заклепочных соединений.

Разработанная методика позволяет определить рациональную длину переходной зоны стыка, которая зависит от величины нагрузок, диаметра болтов, материала металла и композита. Вначале определяется длина зоны включения. Затем в зависимости от диаметра болта или заклепки определяется необходимое количество рядов крепежа. Также были рассчитаны и спроектированы игольчатые соединения. Для волокнистых материалов уменьшение диаметра соединительного элемента снижает или устраняет эффект перерезания волокон, что может в некоторых случаях сохранять первоначальную прочность материала. Очень тонкие соединительные элементы представляют собой иголки с диаметром не более 1 мм. Для расчета была выбрана иголка из угольного композита.

В процессе выполнения работы были получены следующие результаты:

1. Проведенные расчеты по полученным формулам, показали эффективность механического соединения деталей. Полученные формулы позволяют определить зону включения в работу для болтовых, заклепочных и игольчатых соединений.

2. Зона включения в работу зависит от толщины соединения деталей и свойств материала.

3. Полученные соотношения позволяют определить количество рядов соединительных элементов, диаметр болтов и шаг между болтами.

4. Для соединения композитных деталей эффективным является игольчатое соединение, при котором не нужно сверлить отверстие, так как иголки входят в недополимеризованный материал.

5. Произведено сравнение результатов аналитических с результатами конечно-элементной модели. Получено хорошее совпадение результатов.

В качестве примеров приведены расчеты на прочность стыковых узлов крыла самолета и лопасти несущего винта. Были определены основные параметры такие как, диаметр стыковых болтов, их количество и расстояние между ними. Аналитический расчет был сверен с результатом метода конечной-элементной модели.

Особенности течения жидкости в микроканалах

Валеев А.Р., Лашков И.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Дмитриев А.С.
МЭИ, каф. НТ
Lashkov93@bk.ru

Микрофлюидика, или по-другому микрогидродинамика – это междисциплинарная наука, занимающаяся изучением поведения жидкости с размерами капель меньше чем один микролитр. Это сравнительно новые технологии использующие микроканалы с размером от десяти до тысячи микрометров[1]. Маленький диаметр микроканалов позволяет с высокой точностью определять вещества и разделять жидкости на отдельные молекулы в зависимости от времени и положения в микроканале.

Целью экспериментов является формирование микрокапель, используя в качестве основного вещества полидиметилсилоксан с заранее полученным рельефом и расположенным на кремниевой подложке полученной с помощью метода плазмохимического осаждения (PECVD). Полидиметилсилоксан, или сокращённо ПДМС широко используется в микрофлюидике благодаря простоте фабрикации, экономичности и таким физическим свойствам как светопроницаемость, низкая авто-флоуресценции и низкая газопроницаемости. В работе был проведён анализ зависимости формы капли воды от скорости воды и потоков масла в микроканале. Формирование капель происходило с помощью устройства T-junction, где с обеих сторон по каналам перпендикулярным каналу с источником масла подавалась вода с определённой скоростью что являлось следствием образования микрокапель в канале. Подача воды фактически отделяла сплошной поток масла на отдельные его части с определённым диаметром в зависимости от скорости подачи сред. Скорость воды в мироканале оставалась неизменной и составляла - 3мкл/мин. Изменяя скорость потока маслав диапазоне от 5 до 17 мкл/мин получали капли воды размером от 50 до 80 мкм. Индекс полидисперсности размера капель составил 0.025 что характеризует капли как монодисперсные.

Данная технология с использованием устройства T-junction открывает новые горизонты в использование лекарственных препаратов. Получая двойные капли определённых размеров от 50 до 80 мкм, можно помещать в них активные клеточные вещества, а затем выделять их, действуя агентом, разрушающим эмульсию.

Данная работа имеет широкое применение в струйной печати, в химическом синтезе, в молекулярной биологии и в так называемых лабораториях на чипе (labon a chip) [2-3], иначе называемых микросистемами полного анализа позволяющие осуществлять несколько многостадийных химических процессов на одном чипе не превышающем размера в несколько квадратных сантиметров.

Список литературы:

1. Whitesides, G. M. The origins and the future of microfluidics. Nature 442, 368-373 (2006).

2. Stone, H. A.; Sroock, A.D.; Ajdari, A. Engineering flows in small devices: Microfluidics toward a lab-in-a-chip. Annu. Rev. Fluid Mech. 2004, 36, 381-411

3. Mark, D.; Haeberle, S.; Roth, G.; Von Stetten, F.; Zengerle, R. Microfluidic lab-on-a-chip platforms: requirements, characteristics and applications. Chem. Soc. Rev. 2010, 39, 1153-1182

Технология пространственно-армированных композиционных материалов (ПАКМ) с предварительным уплотнением преформы

Лебедев А.К.
Научный руководитель – д.т.н., проф. Бухаров С.В.
МАИ, каф. ТКМ,КиМ
alebedev.job@gmail.com

Технология получения изделий из композиционных материалов пропиткой волокнистых преформ продолжает развиваться. Внедряются новые связующие, позволяющие сократить цикл пропитки и отверждения до нескольких минут, что активно начали применять в автомобилестроении. Но при увеличении толщины заготовки и повышении требований к распределению плотности и приведении схемы пространственного армирования к оптимальной возникают материаловедческо-технологические проблемы, решение которых требует системного подхода. Часто схема нагружения изделия вынуждает проектировать заготовки с армированием в 3-5 направлениях с сопоставимой долей армирующих элементов в каждом направлении. Обычно ПАКМ при относительно высокой доле армирования в третьем направлении имеют слишком низкую плотность за счёт полостей при пересечении расположенных в пространстве армирующих элементов или недостаточную прочность из-за деформации каркаса.

В настоящей работе исследуются возможности пространственно армированных волокнистых преформ, полученых прошивкой слоистого пакета. Наиболее перспективным методом создания пространственно армированных углеродных волокнистых преформ можно считать прошивку-тафтинг слоистого пакета-заготовки. Прошивка, при определённой кинематической схеме оборудования, конструкции иглы и подборе режимов, обеспечивает относительно низкую травмируемость волокон основы и армирующей нити при плотности преформы 0,8 г/см3 и более. Тафтинг позволяет регулировать степень анизотропии в заданном направлении, обеспечивать дифференциальное распределение плотности по объёму заготовки, создавать гибридные волокнистые каркасы.

Заготовки ПАКМ с расчётной пространственной схемой армирования формуются в жёсткой формообразующей оснастке методом пропитки под давлением низковязким термореактивным связующим с последующим отверждением и образованием полимерной матрицей или пеком с последующим его пиролизом и карбонизации до получения углеродной матрицы требуемой плотности и пористости для последующего формирования эрозионно стойких покрытий. Изделие сложной формы получается механической обработкой полученной заготовки.

В ходе работ было изготовлено несколько заготовок различных по структуре и составу, изучены дефекты, возникающие при сборке слоистого пакета, прошивке по нормальному направлению и под углом, влияние шага, расположения и последовательности прошивки на деформацию и травмируемость пакета, истирание нитей основы и армирующей нити в зависимости от режимов прошивки, рассмотрены конструкции оснастки для прошивки для разных схем армирования, изучены процессы пропитки, влияние режимов пропитки на возникновение дефектов, классификация дефектов, проведён программный расчёт процесса пропитки и спроектирована оснастка.

Методом томографии изучена структура прошитого каркаса, определено распределение армирующих нитей, расположения и виды дефектов, проведены механические испытания, свидетельствующие о возможности регулирования прочностных и упругих свойств на уровне материалов КИМФ, Десна и других ПАКМ. Планируется на основе модельных исследований технологии получения заданных пространственных структур разработать модель для предсказания ресурсных характеристик. В дальнейшем планируются снижение дефектности за счёт отработки технологических режимов прошивки и пропитки.

Моделирование абразивного изнашивания антифирикционного материала на основе модифицированной древесины

Макеев В.В.
БелГУТ, испытательный центр ж/д транспорта «СЕКО»
250882@inbox.ru

Необходимость исследования абразивного изнашивания модифицированной древесины определяется условиями ее эксплуатации в узлах трения в качестве антифрикционного материала, где возможно присутствие абразивных частиц. Путем натурного моделирования исследовались особенности изнашивания единичным закрепленным абразивом.

В проведенных сравнительных исследованиях в качестве объектов выступали натуральная древесина и древесина модифицированная (степень прессования 55 %) – пропитанная и не пропитанная. На шлифованные поверхности образцов индентором наносились царапины. В качестве индентора использовали специальную оправку со вставленной в нее стальной иглой с радиусом кривизны R = 0,042 мм. Царапание производилось на микротрибометре с компьютерной регистрацией данных при различных усилиях со стороны индентора на древесину N = 0,2; 0,4; 06 Н. Усилие царапангия фиксировалось в каждом цикле движения индентора. Глубина и профиль царапины исследовались на лазерном микроскопе Olympus LEXT ols 3000.

Результаты показали, что с увеличением давления сила царапания увеличивается для натуральной и модифицированной древесины. Это может объясняться тем, что при увеличении глубины внедрения индентора возрастает сила, необходимая для расщепления или разрушения волокон древесины. Кроме того, увеличение площади поверхности контакта индентора и боковых поверхностей царапины приводит к возрастанию силы трения между ними.

Сила царапания для модифицированной древесины в 1,2…2 раза меньше чем для натуральной древесины. Анализ поперечного профиля царапин показал, что для модифицированной древесины по сравнению с натуральной глубина внедрения индентора уменьшается в 2,5…5,8 раза в зависимости от режима нагружения. Установлено, что пропитка смазочным материалом способствует увеличению глубины внедрения индентора в 1,15…1,90 раза в сравнении с не пропитанным, но прессованным древесным образцом. Пропитка снижает твердость на 12-15 %. Полученные результаты согласуются и могут объясняться пластифицирующим воздействием смазочного материала на стенки клеток древесины.

Объемное изображение микроструктуры фрагмента царапины позволяет сделать выводы о характере разрушений при воздействии на нее абразивной частицы. Для натуральной древесины края и стенки царапины рваные, с множеством выступов и неровностей. Это свидетельствует о том, что при прохождении индентора, моделирующего абразивную частицу, волокна древесины расщеплялись или разрушались с образованием очень развитого рельефа царапины.

Профиль царапины, образованной индентором в прессованной пропитанной древесине, характеризуется отсутствием значительных выступов или углублений. Полученные при моделировании абразивного изнашивания царапины подобны следам трения на контактной поверхности древесного вкладыша, прошедшего эксплуатацию в присутствии абразива

Определение механических свойств отвержденного расплавного связующего для расчета прочности и модуля упругости стеклопластика

Мельников Д.А.
ФГУП «ВИАМ»
fast-trust@yandex.ru

При нагружении стеклопластиков на основе тканых наполнителей основные усилия воспринимает стеклянное волокно. При этом роль матрицы (связующего) состоит в

равномерном распределении нагрузки между волокнами во всем объеме композиционного материала. Для теоретического расчета прочности и модуля упругости стеклопластика при растяжении необходимо определять физические и упруго-прочностные характеристики входящих в его состав компонентов: стеклянного армирующего наполнителя и матрицы (связующего). И если свойства выпускаемых промышленностью стеклянных армирующих волокон широко представлены в литературе, то свойства матриц (связующих), зачастую, необходимо определять экспериментально. Известно, что достоверность результатов механических испытаний материалов зависит, в том числе от способа наработки образцов, который, как правило, определяет их качество. К настоящему времени наработку образцов для механических испытаний материалов на основе отверждающихся синтетических смол осуществляют в основном двумя способами: заливкой в открытые или закрытые ячейки форм, имеющих размеры и форму образца, а так же механической обработкой из предварительно отвержденных заготовок в виде прутков, труб, пластин и т.д.

При изготовлении образцов для механических испытаний из низковязких связующих, обычно предназначенных для переработки методами RTM, VaRTM, пултрузией, ручным формованием и т.д., используют закрытые составные формы, в которых заливка осуществляется по методу сообщающихся сосудов. Таким образом, удается получить качественные образцы без использования дополнительных технологических приемов. Однако, в последнее время широкое распространение получила автоклавная технология переработки с применением полуфабрикатов (препрегов) на основе расплавных связующих, к которым относится ВСЭ-34 (ТУ 1-595-12-1424).Современные расплавные связующие, перерабатываемые по препреговой технологии, обладают достаточно высокой вязкостью расплава (~ 3 – 15Па·с) и ограниченным временем нарастания вязкости до потери текучести при температуре заливки. Данные обстоятельства накладывают дополнительные требования к изготовлению образцов из связующих такого типа.

Для определения упруго – прочностных характеристик отвержденного расплавного эпоксидного связующего ВСЭ-34 были проведены испытания на растяжение образцов, по ГОСТ 11262, изготовленных тремя различными способами. Результаты испытаний показали, что образцы, изготовленные методом заливки блок-формы с последующим нарезанием на образцы требуемой толщины отличаются высоким уровнем и стабильностью значений.

На основе полученных значений был проведен теоретический расчет прочности и модуля упругости при растяжении стеклопластика.

Для проверки расчетов методом автоклавного формования из препрега на основе стеклянной ткани тип 120 (ТУ BY 300059047.010) и эпоксидного связующего ВСЭ-34был изготовлен стеклопластик ВПС-53/120 (ТУ 1-595-10-1642) и экспериментально определены значения прочности и модуля упругости при растяжении.

Отклонения экспериментальных значений от теоретических не превышали 6% для модуля упругости и 2,4 % для прочности при растяжении. Для сравнения теоретических и экспериментальных значений в диапазоне содержания связующего от 25 до 50% (масс.) была проведена нормализация, полученные результаты позволяют дать оценку теоретическим моделям, приведенным в данной работе.

Ударная вязкость нанокомпозитов на основе эпоксидного олигомера и наночастиц диоксида кремния

Михальченко К.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Симонов-Емельянов И.Д.
МИТХТ, каф. ХиТППиПК
mikhalchenko4237@mail.ru

Области применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) продолжают расширяться. Сегодня их используют практически во всех отраслях мирового хозяйства. Это электроника, строительство, медицина, судостроение, транспорт,

аэрокосмическая промышленность и др. Широкое применение в промышленности получили полимерные композиционные материалы на основе жидких термореактивных матриц и наноразмерных наполнителей. Их введение в полимерную матрицу может существенно улучшать свойства итогового композита (стойкость к удару, прочность, модуль упругости и твердость) по сравнению с обычными микронными наполнителями. При этом, как правило, концентрация нанонаполнителя, вводимого в полимер, в несколько раз, а то и на порядок, меньше концентрации крупнодиспресного наполнителя, необходимого для достижения свойств одного уровня. Ввиду этого, разработка способов получения нанокомпозитов является перспективным и интересным направлением в области науки о полимерных материалах. Большинство нанонаполнителей (астралены, фуллерены, углеродные нанотрубки, нанопластинки (графены, глины) и т.д.), используемых в современном производстве, имеет довольно высокую стоимость (стоимость наноуглеродных трубок может достигать – ~40 долларов США за 1г). Наиболее доступными с этой точки зрения являются наночастицы из диоксида кремния (ДК), например белая сажа марки БС (стоимость - от 2 до 80 рублей за 1кг). В качестве полимерной матрицы использовали эпоксидиановый олигомер (ЭО) марки DER-330 фирмы Dow Chemicals. Для отверждения эпоксинаносистем использовали многофункциональный триэтилентетрамин (ТЭТА) фирмы «Dow Chemicals». Количество отвердителя для DER-330 рассчитывали из стехиометрического равенства эпоксидных и аминных эквивалентов. В качестве нанонаполнителя был выбран диоксид кремния в виде белых саж (ГОСТ 18307-78, Компания «БСК», Россия) марок БС-50, БС-100 и БС-120. О распределении наночастиц диоксида кремния и их размерах в эпоксидном олигомере DER-330 судили по спектрам мутности с помощью колориметра КФК-2 и градуировочной кривой Геллера. Ударную вязкость эпоксинанокомпозитов определяли в соответствии с ГОСТ 4647-80 (ударная вязкость по Шарпи без надреза, угол 94^0). Установлено, что максимум ударной вязкости ~ 18 кДж/м^2 (повышение ~ в 2 раза) для всех дисперсных систем ЭО + ДК достигается при формировании агрегатов из наночастиц размером (d_{ar}) ~145-190 нм, которые образуются при введении ~ 0,05 об. % БС-50 (d_{ar}=190 нм), ~ 0,01 об. % БС-100 (d_{ar}=145 нм), и ~ 0,005 об. % БС-120 (d_{ar}=150 нм). При дальнейшем увеличении содержания нанонаполнителей (до ~1,0 об. %) происходит увеличение размера агломератов до ~390нм и снижение ударной вязкости эпоксинанокомпозита до 8-11 кДж/м^2. Следовательно, чем выше удельная поверхность нанонаполнителя и меньше начальный размер наночастиц, тем меньше необходима концентрация для образования агломератов из ДК оптимальных размеров, при формировании которых происходит повышение ударной вязкости.

Данная работа выполнена в рамках инициативной темы № 55-365

Оценка параметров флуктуационной сетки при ориентации полиметилметакрилат

Моцинов П.В.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Власов С.В.
МИТХТ, каф. ХиТППиПК
trevorthefatman@gmail.com

В процессе переработки различными методами изделий из полимеров, их молекулярная структура подвергается ориентационным явлениям. В основе этих явлений лежит фиксация и перестройка структуры (объясняется молекулярной подвижностью) полимера под действием приложенных напряжений и температурных полей. Ориентационные явления могут быть охарактеризованы некоторыми характеристиками: максимальная кратность вытяжки (λ_{max}), число узлов зацеплений (n) на единицу мономерного звена, густота флуктуационной сетки зацеплений (N). Описание и расчёт ориентационных явлений флуктуационной сетки позволяют оценить потенциальные возможности достижения максимальной ориентации макромолекул, что важно при практическом применении и производстве изделий.

В работе рассматриваются вопросы определения параметров флуктуационной сетки в образцах листового полиметилметакрилата с использованием двух подходов,

основанных на теории высокоэластичности (определение параметра n) и статистической теории распределения узлов сетки (определение параметра N, используя метод двулучепреломления).

Были представлены зависимости прочностных характеристик для листового полиметилметакрилата от параметров ориентации и структуры флуктуационной сетки. При достижении практически максимальной вытяжки (λ=2) прочность образцов из ориентированного полиметилметакрилата возрастает в 2,8 раза (σ_p=165 МПа) по сравнению с образцами из неориентированного полиметилметакрилата (σ_p=60МПа). При достижении значения λ=1,5 (Δn_{max}=0,0004 и степени ориентации F=53%) наблюдается линейная зависимость прочности от λ. При более высоких значениях степени ориентации (F>60%) значения прочности снижаются, что может объясняться началом разрушения отдельных узлов флуктуационной сетки зацеплений и появлением микродефектов в структуре образцов из ориентированного полиметилметакрилата. Достижение максимальной кратности вытяжки (λ_{max}=2,3) приводит к лавинообразному разрыву узлов флуктуационной сетки, снижению параметра n и разрушению образцов из ориентированного полиметилметакрилата.

Новые типы материалов и технологий в авиастроении и космонавтике

Мусаева А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Кубрин В.И.
МАИ, каф.Уин
maa.89653520152@gmail.com

В авиастроении и космонавтике очень остро встаёт вопрос о снижении веса конструкции, так снижение массы тела самолёта на один килограмм экономит от двух до трёх тонн топлива в год. Что в свою очередь является большим достижением как для гражданской, так и для военной авиации и ведёт за собой целый ряд благоприятных воздействий для пассажиров и авиакомпаний. А именно, начиная отснижение цен на авиабилеты и заканчивая возможностью перевозки дополнительной полезной нагрузки.

Следуя решению проблемы высокого значения веса конструкции, как нельзя кстати, пришли на помощь такие материалы как: материалы на основе стекловолокна, арамида и углеволоконные композиты. Кроме малого веса, составляемого не более 20% от аналогичных деталей из алюминия, у них оказывается целый ряд достоинств: такие материалы не боятся ржавчины, имеют превосходящую прочность,гибкость и устойчивость к давлению. При всём при этом они экологичны во время эксплуатации и значительно снижают загрязнение окружающей среды.

Все эти новые качества и ранее неиспользуемые материалы повлекли необходимость появления новых технологий для возможностей выполнения новых задач и более качественных конструкций моделей. Что является основой прогресса авиации и ракетостроения.

Одним из ключевых направлений в создании самолётов нового поколения служит развитие технологий проектирования, производства и эксплуатации композитных конструкций, что позволяет реализовать целый ряд новых качеств. Таким образом, переход на более лёгкое композитное крыло с использованием композитных материалов в других частях самолёта, достигаемый уменьшением массы конструкции, позволяет перейти на более удлинённое крыло, что снизит расход топлива до 56%.

Развитие данной тематики позволит решать многие проблемы и выведет всю авиационную и ракетно-космическую отрасль на качественно новый уровень.

Световозвращающие покрытия на базе полимерных порошковых композиций, наполненных микросферическими световозвращателями

Мухаметшина Е.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н Галимов Э.Р.
КНИТУ-КАИ, каф. МСиПБ
Bosch752@icloud.com

В настоящее время широкое распространение получили изделия со световозвращающими свойствами двух типов световозвращателей: использование микропризм в структуре покрытия, формирование структуры световозвращающих покрытий с введением в нее микросферических стеклянных световозвращателей. В данной работе отрабатывались технологические приемы получения СВП, структура которого сформирована из полимерных порошковых композиций с внедрением в расплав полимера микросферических стеклянных шариков с диаметром 70-80 мкм с невысоким показателем преломления n=1,47-1,51.

Процесс формирования покрытия осуществлялся следующим образом. На фольгированный алюминий наносили в электростатическом поле отражающий слой, представляющий собой полимерно-порошковую композицию «бриллиант» согласно кодировке в системе RAL.

В процессе предварительного нагрева слоя материала до его вязкотекучего состояния формировали его толщину механическим способом. При этом толщина отражающего слоя выбиралась с учетом величины, рассчитанной продольной сферической аберрации. При расчете величины продольной сферической аберрации диаметр микросферических шариков принят равным 76 мкм, показатель преломления стекла n=1,5. Основное требование к толщине отражающего слоя - получить ее значение не менее δ=43 мкм. Слой сформировали прикаточным роликом с усилием ориентировочно 12,5 кг/см^2 при достижении вязкотекучего состояния оплавленной полимерной порошковой композицией.

Затем наносили в электростатическом поле микросферические стеклянные шарики с механическим продавливанием их через фторопластовую ленту, толщиной 0,1 мм при помощи каландровых валиков, при этом температура расплава поддерживалась равной T=96°C. Образец был получен без защитного верхнего слоя с открытыми поверхностями со стороны их освещения. Плотность упаковки микросфер на единице рабочей поверхности F=1 мм^2/68 шт.

Технологический процесс весьма прост по сравнению с существующими способами получения световозвращающих покрытий, что является серьезным преимуществом. Измерены зависимости интенсивности от угла освещения поверхности образцов, сформированных по указанной технологии.

Сравнение индикатрис отражения полученных образцов и образцовых пленок «3М» позволяет делать выводы, что оптические показатели образцов по исследуемой технологии в основном находятся на одинаковых уровнях.

Модификация методики испытания стержней на основе углеродных жгутов на устойчивость (продольный изгиб)

Нагуманова М.С.
Научный руководитель – к.т.н. Мостовой Г.Е.
МАИ, каф. ТКМКиМ; АО «НИИграфит»
naguman93@yandex.ru

Создание конструкций современной ракетно-космической техники, используемых в условиях высоких температур и повышенных термомеханических нагрузок, не эффективно без применения деталей из углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ), в этом им нет конкурентов. Для термонагруженных деталей ракетно-космической техники применяют в основном материалы марок типа 4КМС-Л, Десна Т-1 и Десна-4, которые производятся из предварительно собранного стержневого армирующего

каркаса (АК). УУКМ со стержневым АК обладает более высокими и стабильными характеристиками благодаря равномерности заполнения объема материала волокном.

Сборка АК производится из предварительно сформованных углеродных стержней (УС), которые в значительной степени закладывают механические свойства будущей заготовки и изделия в целом. Не допускается поломка стержня в процессе сборки. Стабильное выполнение операций сборки АК возможно только при использовании стержней, отвечающих геометрическим и прочностным требованиям. Так как при сборке АК происходит осевое сжатие стержней, поперечные размеры которых малы по сравнению с длиной, может произойти потеря устойчивости стержня, т.е. стержень будет искривляться. Таким образом, наиболее приближенным с реальным условиям нагружения является испытание на продольный изгиб (устойчивость). Метод испытаний заключается в принудительном сближении концов образца заданной длины с шарнирно опертыми концами при постоянной скорости, вплоть до разрушения. В случае, когда потеря устойчивости происходит при напряжениях, не превосходящих предела пропорциональности, критическая сила определяется по формуле Эйлера, а явление носит название «эйлеровская» потеря устойчивости. Следует понимать, что есть пределы применимости формулы Эйлера относительно длины образцов.

В рамках данной работы исследовались образцы углеродных стержней в диапазоне длин 70-170 мм. На основе экспериментальных данных показаны пределы применимости формулы Эйлера к исследованным стержням, что стало ключевым в вопросе выбора оптимальной длины образцов. При анализе результатов определены границы перехода одной области в другую и предложены эмпирические выражения для расчета величины критического напряжения с учетом коэффициента вариации и коэффициента запаса.

Исследование влияния модифицирования матриц эпоксиуглепластиков на повреждаемость при образовании отверстий методами механической обработки

Насонов Ф.А.[1,2]
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Бухаров С.В.[2]
[1]Филиал ПАО «Компания «Сухой» «ОКБ Сухого»; [2] МАИ, каф. ТКМ,КиМ
nasonovf2006@mail.ru

Ярко выраженная анизотропия свойств полимерных композиционных материалов требует многофакторного рассмотрения процесса образования отверстий методами механической обработки (сверлением и развертыванием) с учетом направления укладок армирующих волокон, так и многофазного строения пластика, армированного углеродными волокнами.

В дополнение к работам [1], в которых исследуется вопрос упрочнения отверстий (подкрепление при изготовлении изделий или при ремонте производственных или эксплуатационных повреждений) с помощью стеклопластиковой втулки, выполняющей роль, близкую к низкомодульному стопперу (НМС) с одной стороны, и «залечивание» микротрещин избытком отжимаемого связующего под давлением с другой, и с учетом того, что наряду с необходимостью выбора оптимальных режимов резания (наименее повреждающих структуру композиционного материала) и специального инструмента (для углепластиков – это прежде всего лезвийный инструмент - сверла из быстрорежущих сталей и твердых сплавов с специально подобранными геометрическими параметрами, и алмазный инструмент), исследуется подход проведения механической обработки специально модифицированного материала. Это либо механическая обработка пластика, еще не находящегося в состоянии, каким он будет после изготовления (в эксплуатации) – например, еще не достигшего назначенной температуры стеклования композиционного материала в целом, либо модифицирование полимерной матрицы с целью оказания положительного влияния на процессы механической обработки (или хотя бы снижение сколько-нибудь ущерба при ее проведении).

В данной части работы ставится задача опробования двух обозначенных подходов, возможной их комбинации, и оценке их эффективности. Эффективность планируется оценить по первичным показателям – повреждаемости и накоплению микроповреждений

в пластике, подвергнутому механической обработке сверлением и развертыванием по известным оптимальным режимам с использованием специнструмента, и по вторичным показателям – износ инструмента (в т.ч. необходимость очистки), размерная точность отверстий (квалитет) с учетом усадки.

В качестве объекта исследований выступает конструкционный углепластик на основе эпоксидного связующего ВСК-14-3 [2-3]. Получены предварительные результаты, свидетельствующие об улучшении качества обрабатываемой поверхности при проведении термообработки после механической обработки (при сверлении и развертывании отверстий), при этом выявлено фактическое снижение вероятности образования новых микродефектов. Также модифицирование пластика с целью улучшения условий механической обработки не приводит к существенному изменению кинетики процесса отверждения (в том числе время отверждения) и позволяет с минимальным допустимым смещением температур переходов (стеклования) оптимизировать технологические свойства (обрабатываемость) пластика.

Список литературы:

1. Насонов Ф.А., Морозов Б.Б., Бухаров С.В. К вопросу о ремонте отверстий под разъемные соединения в изделиях из углепластика с помощью установки стеклопластиковой втулки. – Наука и технологии. Т.1. Материалы XXXVI Всероссийской конференции, посвященной памяти референта МСНТ Н.Н. Ершовой. – М.: РАН, 2016

2. Куцевич К.Е., Дементьева Л.А., Лукина Н.Ф. Свойства и назначение полимерных композиционных материалов на основе клеевых препрегов// Труды ВИАМ. № 8 - 2016

3. Куцевич К.Е. Клеевые препреги и углекомпозиты на их основе: автореф. дис. канд техн. наук. ВИАМ, Москва, 2014

Развитие технологии переработки гибридного титан-полимерного композиционного материала в изделия

Акулинин А.О.[1], Кузнецова Е.В.[1], Насонов Ф.А.[1,2]
[1]Филиал ПАО «Компания «Сухой» «ОКБ Сухого», [2] МАИ, каф. ТКМ,КиМ
nasonovf2006@mail.ru

Работы по созданию и развитию гибридных композиционных материалов интенсивно продолжаются, и их актуальность подтверждается, в том числе, сведениями из открытых источников [1-3]. В работе [4] была рассмотрена и проанализирована возможность создания гибридного титан-полимерного композиционного материала (ТПКМ) на основе тонких листов титанового сплава и слоистых стеклопластиков.

Целью проводимой работы является решение проблем возможного применения данного материала, повышение его производственной и эксплуатационной технологичности, определение рациональности его использования в конкретных деталях и узлах.

В частности, в работе [5] композиция рассматривалась в основном в качестве функционального материала, а именно, стойкого к воздействию термоэрозионных высокоскоростных потоков. Были выявлены также хорошие показатели стойкости к ударным воздействиям и концентраторам напряжений, в том числе и при повторно статических нагружениях.

Для повышения упруго-прочностных свойств композиции, как конструкционного материала, и попутного совершенствования функциональных качеств решается ряд задач:

1. Создание условий для улучшения адгезионного взаимодействия и работы межфазной границы «металлический материал – полимерный композит». Получены результаты по целесообразности внедрения «промежуточного эластичного слоя» между компонентами с различной природой со значительно различающимися механическими, теплофизическими и термомеханическими свойствами.

2. Применение в качестве наполнителей для полимерного композита материалов с более высокими упруго-прочностными свойствами, например, для реализации более высокого модуля Юнга всей композиции, а также для повышения функциональных

качеств гибрида, таких как, например, возможность применения в качестве «гибридной облегченной брони».

Подана заявка на изобретение «Способ изготовления деталей и деталь из гибридного композиционного материала» (для аэрокосмической отрасли и кораблестроения), суть которого состоит в двухэтапном технологическом процессе получения заготовок и формования деталей.

Список литературы:

1. Перспективы использования титановых сплавов в слоистых композиционных материалах //А.А. Арисланов, Л.Ю. Гончарова, Н.А. Ночовная, В.А. Гончаров// Труды ВИАМ, № 10 – 2015.

2. Оптимизация структуры гибридных композиционных материалов авиационного назначения //А.В. Лавров, В.С. Ерасов, Н.Ю. Поджиботов, В.В. Автаев// Труды ВИАМ, № 11 – 2016.

3. Гибридные слоистые материалы на базе алюминий-литиевых сплавов применительно к панелям крыла самолета // Н.Ю. Серебренникова, В.В. Антипов, О.Г. Сенаторова, В.С. Ерасов, В.В. Каширин// Авиационные материалы и технологии, № 3 – 2016.

4. Клеевые препреги – перспективные материалы для металлополимерных конструкций// Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Аниховская Л.И.//Сварочное производство, № 7 – 2014.

5. Исследование возможности создания гибридного титан-полимерного композиционного материала // А.О. Акулинин, Е.В. Кузнецова, Ф.А. Насонов//Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли: Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, 10 – 12 августа 2016 г.: Сборник докладов. Том 1. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2016. – Т. 1.

Влияние предыстории термопластов на их деформационно-прочностные характеристики

Наумова И.А.[1], Шапагин А.В.[2]
Научный руководитель – профессор, д.х.н. Чалых А.Е.
[1]МАИ, каф. ТКМ,КиМ; [2]ИФХЭ РАН им. А.Н. Фрумкина, г. Москва
irina_naumova-1993@mail.ru

Формование изделий из термопластов занимает существенный сегмент в производстве композиционных материалов. Поскольку в процессе переработки полимерные материалы подвергаются значительным реологическим, деформационным, физико-механическим воздействиям, представляет интерес исследовать влияние этих процессов, происходящие при формовании на их основе изделий.

В работе на примере пленочных материалов, полученных различными способами формования: литьем, экструзией и прессованием, изучено влияние ориентации на их деформационно-прочностные характеристики.

В исследовании основное внимание уделялось как индивидуальным, так и смесевым композициям. Ив данной работе рассмотрено влияние предыстории формования полиолефина ПП TUB 350, который был получен литьем, экструзией и прессованием. Для изучения влияния ориентации макромолекулярных цепей в процессе формования на конечные свойства изделий изготавливали пленки толщиной от 0,5 до 0,8 мм. Деформационно-прочностные свойства исследовали на разрывной машине Zwick/RoellZ010, оснащенной экстензометром Multixtense. Образцы вырубали из пленок ПП механическим прессом в виде лопаток. Скорость растяжения составляла 20 мм/мин. Исследование проводили при комнатной температуре.

Надмолекулярную организацию образцов исследовали методом просвечивающей электронной микроскопии.

Наряду с физико-механическими испытаниями, образцы исследовали методом дифференциальной сканирующей колориметрии на приборе NETZSCDSC 204 F1. Показано что для пленок полученных прессованием и литьем и экструзией, характерный пик плавления соответствует 170,5°С и 170,9°С соответственно, а площадь под кривой (энтальпия – теплота затраченная на процесс) 102,5 Дж/г и 99,5Дж/г. Т.к. различия этих значений образцов

находятся в пределах погрешности, то можно сказать что приготовление образца прессованием, литьем и экструзией заметно не сказывается на характер термограммы.

Получены деформационно-прочностные кривые соответствующие аморфно-кристаллизующемуся термопласту. На кривых четко идентифицируются области соответствующие упругой деформации, пределу текучести, образованию шейки и упрочнению материала в результате ориентации макромолекулярных цепей. Установлено, что после прессования, где ориентационные процессы исключены, физико-механические характеристики при растяжении образцов полученных из пластин в двух перпендикулярных направлениях схожи (прочность 39 МПа, удлинение 650 %). Важно, что при экструзии полученные пластины вдоль направления ориентации макромолекул показывают меньшую степень деформации (570 %), что объясняется предварительной вытяжкой макромолекулярных цепей в процессе экструзии, но при этом большие значения прочности при разрушении (44 МПа), что обусловлено высокой степенью кристаллизации и образованием межмолекулярных физических связей в процессе ориентации. Напротив, в перпендикулярном направлении ориентации экструзионных образцов, формирование шейки проходит при меньших напряжениях и степень деформации выше (730 %) по сравнению с другими образцами. Отметим, что прочность ПП в перпендикулярном ориентации направлении минимальна и составляет 34 МПа.

Таким образом, из полученных результатов следует, что при формовании изделий из термопластов ориентационные процессы способствуют снижению степени деформации и увеличению прочности при растяжении.

Моделирование температурных полей в шарнире из полимерных композиционных материалов с эффектом памяти формы со встроенными нагревателями

Неволько О.А.
Научный руководитель – к.т.н., доц. Агапов И.Г.
МАИ, каф. ТКМ,КиМ
nevolko93@mail.ru

Для создания космических трансформируемых конструкций различного назначения используются шарниры из полимерных композиционных материалов(ПКМ)с эффектом памяти формы (ЭПФ). Для разворачивания конструкций шарниры нагревают до заданной температуры. Нагрев шарнира осуществляется встроенными в ПКМ резистивными нагревателями.

Целью работы являлось моделирование температурных полей в шарнире из ПКМ с ЭПФ со встроенными нагревателями для исследования зависимости температуры шарнира от мощности нагрева.

Шарнир состоит из двух полуцилиндрических и одного цилиндрического элементов из углепластика с ЭПФ на основе углеродной ткани УТ–900 и полиуретан-эпоксидной матрицы. В полуцилиндрические элементы, изготовленные с помощью пневмо–вакуумного формования, встраиваются гибкие нагревательные элементы. Цилиндрический элемент,изготовленный методом намотки, служит для регулирования усилия восстановления формы шарнира и повышения его жесткости в процессе эксплуатации в развернутом состоянии. На концах шарнира расположены переходники из алюминиевогосплава АМГ6 для присоединения его к трансформируемой конструкции. Габаритные размеры шарнира 250х38х34 мм, вес - 143 г.

Температурные поля моделировали с использованием программы ANSYSWorkbench, задавая различные мощности нагрева, определяя минимальные и максимальные равновесные температуры нагрева шарнира, и время достижения этих температур.

При моделировании мощность нагрева варьировали от 10 до 50 Вт. По зависимостям температуры от времени при заданной мощности нагрева определяли минимальную и максимальную равновесную температуру нагрева шарнира. По полученным данным строили зависимости равновесных температур от мощности нагрева.

Для экспериментальной проверки полученных данных изготовили шарнир из ПКМ с ЭПФ с температурой восстановления формы 120 ^{o}C. В полицилиндрические элементы из ПКМ с ЭПФ встроили нагреватели мощностью 40 Вт, обеспечивающие нагрев шарнира до температуры 120 ^{o}C. Температуру поверхности шарнира измеряли с помощью трех термопар, установленных в середине и по краям полуцилиндрического элемента шарнира. Измеренные равновесные температуры и время их достижения хорошо согласуются со значениями температур, полученных моделированием.

Световозвращающие покрытия на основе закапсулированных линзовых световозвращателей

Никитина К.Р.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Галимов Э.Р.
КНИТУ-КАИ, каф. МСиПБ,
gareva.karina@mail.ru

Несмотря на наличие множества работ в области технологий получения световозвращающих покрытий, решение задач по обеспечению высокой интенсивности световозвращения к настоящему времени остается актуальным.

Основными элементами структуры световозвращающих покрытий являются световозвращатели, выполненные в виде микропризм или микросферических стеклянных шариков. На оптические характеристики световозвращающих покрытий влияют геометрические размеры микропризм, образующих микрорельеф отражающей поверхности. В случае формирования световозвращающих покрытий с использованием микросферических стеклянных шариков, высокие оптические показатели покрытия будут обуславливаться, как показали предварительные экспериментальные работы, следующими факторами: выбор размеров микросфер, обеспечение плотного размещения микросферических шариков на единицу площади световозвращающей поверхности.

Одним из вариантов оптимального расположения микросфер на отражающей поверхности является закапсулирование их для формирования идентичных отражающих ячеек.

Для закапсулирования микросфер были выбраны синтетические сетки с различными размерами и формой ячеек.

По результатам измерений интенсивности отражения при различных углах падения луча света, наиболее оптимальным вариантом была синтетическая сетка с прямоугольной ячейкой с открытой площадью F = 9 мм^2 при этом толщина нити ячеек не более b = 200 мкм. В ячейках размещались микросферы размерами 70 мкм. При этом была обеспечена возможность обеспечения воздушной прослойки между светопринимающими поверхностями микросфер и тыльной стороной верхним светопропускающим слоем. Очевидно, что чем больше количество микросфер в ячейках, тем выше интенсивность отражения всей световозвращающей поверхности.

Таким образом, наиболее оптимальным вариантом, при сравнении индикатрис отражения, является размещение микросфер диаметром 70 мкм в ячейках прямоугольной формы с F = 9 мм^2.

Экспериментальной определение закона когезионной зоны слоистых композитов

Новиков Г.В.
Научные руководители – проф., д.т.н. Бабаевский П.Г., доцент, к.т.н. Салиенко Н.В.
МАИ, каф. ТКМ,КиМ
ngv92@mail.ru

К наиболее распространенным и опасным типам повреждений, развивающимся в слоистых армированных ПКМ при малых квазистатических или динамических глобальных нагрузках и приводящим к потере несущей способности или даже полному разрушению элемента конструкции, относятся межслоевые дефекты или трещины (расщепления, расслоения или отслоения). Такие дефекты возникают на стадии производства и эксплуатации элементов конструкций из армированных слоистых ПКМ

вследствие термических или химических усадок матрицы, прикладываемых внешних усилий, изменения температуры и влажности окружающей среды, обрывов слоев при их выкладке, наличие фазовых границ раздела в клеевых и болтовых соединениях, свободных краев и вырезов. Для оценки и прогнозирования устойчивости ПКМ и элементов конструкций из них к инициированию и росту существующих или заданных дефектов, широко используются классические аналитические методы линейной и нелинейной механики разрушения. Основным недостатком классических методов механики разрушения являются трудности их применения при сложных конфигурациях элементов конструкций и трещин, и невозможность определения условий зарождения трещины в местах концентрации напряжений.

Эффективным решением этих проблем является имплантация аналитических подходов макро- и микромеханики разрушения в численные методы, в первую очередь в метод конечных элементов как один из основных способов решения сложных задач механики элементов конструкций, с использованием пакетов прикладных программ, в частности ANSYS®

Целью данной работы являлось экспериментальное определение закона когезионной зоны – зависимости локального напряжения от раскрытия трещины, на образцах из ПКМ, и сравнения с результатами 3D моделирования по определению энергетического параметра трещиностойкости G_{IC}.

Для экспериментального определения закона когезионной зоны получены плоские образцы ПКМ, состоящие из десяти слоев углеродной ткани, каждый их которых пропитан модельным эпоксидным связующим с отвердителем. Между 5 и 6 слоем проложена фторопластовая пленка с вырезанным посередине квадратным отверстием площадью 1 см^2. После отверждения образцов с помощью разрывной машины определяли кривые отрыва слоев – зависимости локального напряжения от деформации, которые принимали за закон когезионной зоны.

По площади под кривыми рассчитывали экспериментальный параметр трещиностойкости, а по значению максимальных напряжений и деформаций на этих кривых, имплантированных в 3D модель, определяли модельные (расчетные) значения параметра трещиностойкости ПКМ. Сравнением экспериментальных и модельных значений этого параметра оценивали адекватность модели.

Ионно-лучевое гофрирование волокна углерод-углеродных композитов

Казаков В.А., Овчинников М.А.
Научный руководитель – профессор, д.ф-м.н. Борисов А.М.
МАИ каф. ТППИСУА
ov.mikhail@gmail.com

Углерод-углеродные композиционные материалы, армированные углеродными полиакрилонитрильными (ПАН) волокнами с высокими прочностными характеристиками, рассматриваются как приоритетные конструкционные материалы для аэрокосмической техники. В работе приводятся исследования влияния высокодзного ионного облучения ионами и Ar^+ с энергиями 10 - 30 кэВ, при углах падения 0 и 70^o относительно оси волокна, в диапазоне температур от комнатной до T = 600^{o}C, на армированный ПАН-волокнами марки ВМН-4 композит КУП-ВМ. Плотность ионного тока составляла 0.2 - 0.4 мА/см^2, флуенсы облучения ≥ 10^{18} ион/см^2. В качестве методов исследования использовали растровую электронную микроскопию, спектроскопию комбинационного рассеяния (КР) света и лазерную гониофотометрию. Спектроскопия КР позволяет выявлять изменения в кристаллической структуре образцов и степень кристалличности материала. В спектрах КР углеграфитовых образцов содержатся два основных пика: *G*-пик (пик графита) при смещениях частот $\Delta k = \lambda_Л^{-1} - \lambda_{КР}^{-1}$, близких к 1580 см$^{-1}$, и *D*-пик, обусловленный дефектностью кристаллической структуры при $\Delta k \approx 1350$ см$^{-1}$.

Ионное облучение приводит к значительным изменениям морфологии поверхности и кристаллической структуры оболочки ПАН-волокон. В зависимости от температуры облучения и уровня радиационных нарушений, определяемых числом смещений на атом

происходят процессы аморфизации, рекристаллизации, развития топографии поверхности, в частности, гофрирование волокна. Ионно-лучевое гофрирование приводит к стократному увеличению удельной поверхности волокна, практически не изменяя прочности волокон. Воздействие ионных пучков вносит значительные изменения в спектры КР. При аморфизации (облучение с энергией ионов E = 30 кэВ при комнатной температуре) в области волновых чисел 1000-1700 $см^{-1}$ образуется широкий куполообразный пик, двухпиковая структура спектра не разрешается. В случаях рекристаллизации (облучение с E = 10 кэВ при T = 400^{o}C) и гофрирования (E = 30 кэВ, T = 400^{o}C) поверхности двухпиковая структура спектра сохраняется. Провести облучение с уровнем радиационных нарушений, меньшим порогового уровня аморфизации можно как путем уменьшения энергии ионов, например облучением с E = 10 кэВ при комнатной температуре, так и при увеличении угла их падения, приводящего к росту коэффициента распыления. Так, при угле падения 70^{o} аморфизация в отличие от случая нормального падения ионов с энергией 30 кэВ не происходит. D- и G-пики на спектре КР разделяются. На поверхности волокна при этом наблюдается гребневидная морфология, характерная для наклонного падения ионов на поверхность поликристаллических материалов.

Для оценки количественных различий в спектрах КР для различных ионно-индуцированных модификаций поверхности ПАН-волокна проводили разложение спектров на гауссовские составляющие. Разложение для облученных образцов, в отличии от необлученных, потребовало кроме G- и D-пиков введения пика при 1500 $см^{-1}$, учитывающего радиационные нарушения структуры ближнего порядка при аморфизации углеродных материалов. Трёхкратное уменьшение относительной интенсивности аморфного пика при $\Delta k \approx 1500$ $см^{-1}$ в случаях гофрирования, а также увеличение интенсивности G-пика свидетельствуют о сохранении структурного совершенства оболочки ПАН-волокна при ионно-лучевом гофрировании, необходимом для использования гофрированного волокна при создании жаростойких и жаропрочных углерод-керамических композиционных материалов.

К производству эффективных утеплителей из модифицированных жестких пенополиуретанов повышенной термо- и огнестойкости

Оганджанян Д.Г.[1,2]
Научный руководитель – к.т.н., проф. РАЕ, Оганджанян Г.С.
[1]ООО «ЛАД Системс»; [2]МАИ
Lad_systems@mail.ru

Ужесточение норм энергопотребления в целом непременно затрагивает различные области производственной и жизнеобеспечивающей деятельности человека. Одним из основных направлений по уменьшению и оптимизации энергопотребления является разработка инновационных теплоизоляционных материалов с широким диапазоном применения. В связи с этим, наибольшую актуальность приобретает расширение номенклатуры теплоизоляционных материалов, обладающих оптимальными технолого-прикладными свойствами и необходимыми характеристиками, что в целом и характеризует их эффективность. Помимо прочих общепринятых требований, предъявляемых к эффективным утеплителям, одним из востребованных - является их термо- и огнестойкость. Отвечающие требованиям экологической и гигиенической чистоты, эффективные теплоизоляционные материалы с повышенной термо- и огнестойкостью востребованы в больших масштабах в строительстве, машиностроении, судостроении, авиастроении, космонавтике, в криогенных и холодильных установках и т.п. В свете вышеизложенного, научно-производственной компанией «ЛАД Системс» с 2015 года ведутся разработки систем инновационных энергоэффективных конструкционных строительных стеновых блоков, основанных на использование в качестве блокообразующего материала инновационный высокопрочный, термо- и огнестойкий эффективный утеплитель из жесткого наполненного пенополиуретана. Жёсткие пенополиуретаны представляют собой пространственно сшитые, и, следовательно, неплавкие ячеистые полимерные материалы с закрытопористой

структурой. Основу рецептур пенополиуретана составляют полиольный компонент (А) и полиизоцианат (Б) в соотношениях от 1:1 до 1:2, антипирен, вспенивающий агент (CO_2 или хладоны). В состав рецептуры также входят пенорегуляторы и катализаторы, количество которых в композиции не превышает 2-3%, что позволяет пренебречь их участием в горении.

Разрабатываемый нами инновационный эффективный утеплитель их жесткого пенополиуретана получается в результате добавления при смешивании основных компонентов (А и Б) базовой системы, регулируемого количества модифицирующей целевой добавки в виде жидкого калиевого стекла (компонент В). При этом, процесс смешивания всех компонентов (А, Б и В) ведётся одновременно в смесительной головке 3-х компонентной заливочной машины под давлением 16,0-20,0 Мпа, противоструйным методом. Процесс вспенивания и формообразования длится 10-20 мин. (в зависимости от температуры исходных параметров компонентов). Полное отверждение материала (пенополиуретана) наступает через 24 часа. Полученный утеплитель из модифицированного жесткого пенополиуретана с плотностью 50 -100 кг/м^3. При этом он не горит после удаления пламени, имеет теплопроводность, который при 25 ^{0}С, не превышает 0,30 Вт/мк. Обладает водопоглащениием – 0,02 кг/м^{2}и термостойкостью – 240-260 ^{0}С. Прочность на сжатие полученного эффективного утеплителя при 10% деформации составляет порядка 0,6 МПА.

Проектирование крыла кессонного типа из композиционного материала

Одиянкова Ю.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Дудченко А.А.
МАИ, каф.603
Odiankova1994@gmail.com

Рассматриваются задачи по оптимальному проектированию силовой конструкции сечения крыла, удовлетворяющая всем прочностным, жесткостным и конструктивно-технологическим требованиям. Также определяется рационально минимальные массы сечения силовой конструкции типа кессон. Работа подразделяется на три этапа. На первом этапе определяется структура композиционного материала по панелям поперечного сечения крыла, в каждом из которых известных нагрузки и геометрия. Панели считаем плоскими пластинами, удовлетворяющие трём ограничениям: ограничение по прочности; ограничение по крутильной жёсткости сечения крыла; ограничение по изгибной жёсткости сечения крыла. В каждом сечении панели искомыми параметрами являются толщины слоев. На втором этапе перераспределяется материал с учётом конструкции сечения крыла. Здесь необходимо учитывать, что при этом изменяются жесткости в оставшемся материале панелей и уменьшаются усилия, которые они воспринимают. А на третьем этапе проектируется стрингерная панель, работающая на сжатие. В сжатой зоне крыла, слои материала в продольном направлении материал используются для образования подкреплений в виде стрингеров для увеличения изгибной жесткости, чтобы панель не теряла устойчивость.

Эта работа разработана в компьютерной среде Maple, в которой эти этапы объединены в единый процесс.

В процессе работы были получены следующие результаты:

– Проектирование структуры материала кессона крыла без учета связующего на первом этапе дает рациональную структуру, но проверка на прочность при действии расчетных нагрузок с учетом связующего показала, что в поперечном слое структуры происходит разрушение связующего, поэтому проводится необходимое пропорциональное увеличение толщин слоёв для обеспечения прочности и не нарушения рациональности структуры;

– При обеспечении прочности стенок лонжерона происходит потеря устойчивости от действия её обжатия за счёт изгиба крыла. Для повышения изгибной жёсткости стенка панели была сделана трёхслойной;

– Для обеспечения устойчивости панели были выбраны стрингеры Т-образного профиля. Распределение материала было выбрано так, чтобы нейтральная линия проходила между полкой стрингера и обшивкой панели;

В работе предложено конструктивное решение с использованием подкрепленных горизонтальных панелей. Были определены основные параметры такие как: толщины панелей, толщины и геометрия стрингерного набора, шаг между стрингерами и минимальная масса сечения.

При проектировании используется итерационный процесс, в основу которого положена балочная теория расчета авиационных конструкций из композиционных материалов.

Исследование свойств композитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена

Пилин М.О., Попов В.С.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Теряева Т.Н.
КузГТУ, каф. УП и ИЗОС
tnt.tppm@kuzstu.ru

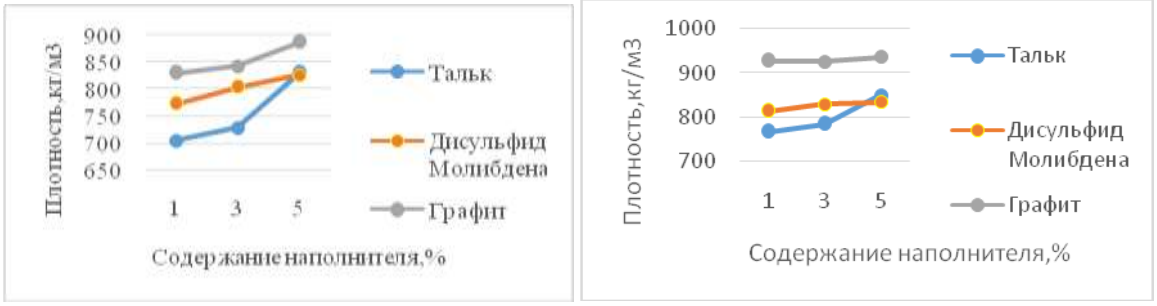
Практически неограниченное число сочетаний различных наполнителей с полимерными связующими и изменение количественных соотношений компонентов позволяют получать материалы с комплексом необходимых эксплуатационных свойств. К наполнителю предъявляются требования исходя из того, какие свойства материала желательно получить в разрабатываемом изделии.

Целью данной работы является подобрать более эффективный и совместимый наполнитель для СВМПЭ, имеющим молекулярную массу 610000 а.е.м. Характеристики исследованных наполнителей и СВМПЭ представлены ниже:

Наименование	$\rho_{ист}$, кг/м^3	Содержание влаги, %	$V_{уд}\cdot10^3$, м^3/кг
Графит	2040±56	0,065	2,1
Тальк	1804±423	0,206	2,65
Дисульфид молибдена(MoS_2)	4830±141	0,210	2,09
СВМПЭ	960±25	0	2,01

где $\rho_{ист}$ – истинная плотность наполнителя, кг/м^3; $V_{уд}$ – удельный объем, м^3/кг.

Композиции получались методом предварительного смешения порошка полимера с дисперсным наполнителям с последующей экструзией и термической обработкой. Характеристики плотности композитов до (а) и после (б) термической обработки представлены на рисунке.



а) б)

Зависимость плотности композитов СВМПЭ от содержания наполнителя

Проведённые исследования показывают, что:

1. При введении в полимер наполнителя увеличивается плотность полученных образцов за счет заполнения свободного пространства между глобулами полимера дисперсным наполнителем.

2. Термообработка ПКМ СВМПЭ с дисперсными наполнителями приводит к увеличению плотности в связи со структурированием полимера и образованием более упорядоченной, кристаллической структуры.

3. Сравнение результатов определения плотности теоретически (по управлению аддитивности) и экспериментально показывает, что они не совпадают, так реальная структура ПКМ является более рыхлой вследствие влияния наполнителя на полимер.

4. Наиболее подходящим наполнителем для исследованного СВМПЭ является графит, образующий более плотные ПКМ, что указывает на наличие взаимодействия полимера с наполнителем.

Влияние нанонаполнителей на природу остаточных напряжений нанокомпозитов на основе эпоксидного олигомера и нанонаполнителей углеродной природы

Платонов А.А., Пыхтин А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Симонов-Емельянов И.Д.
МИТХТ, каф. ХиТППиПК
platonovpapa@gmail.com

В последние 50 лет возрос интерес к полимерным композиционным материалам на основе эпоксидных олигомеров и улучшению их эксплуатационных свойств. Т.к. реакция отверждения олигомеров в присутствии аминов сопровождается выделением большого количества тепла, то чаще всего их используют при получении наполненных полимерных композиционных материалов (ПКМ). Улучшение свойств ПКМ достигается путем изменения состава и его структуры. Для этого используют различные модификаторы (разбавители, пластификаторы) и наполнители (грубо- и мелкодисперсные). Одним из самых перспективных методов модификации является наномодификация ПКМ. В качестве нанонаполнителей используют углеродные нанотрубки, фуллерены, графены, астралены, алмазную шихту, наноалмазы, нановолокна, сажи и т.д. Эпоксинанокомпозиты широко применяют в различных отраслях науки и техники. При разработке изделий или конструкционных элементов с использованием ПКМ одним из важнейших аспектов является возможность точного прогнозирования их эксплуатационных свойств. Одним из важнейших технологических параметров, который стоит учитывать при создании полимерных композиционных материалов на основе реактопластов, являются остаточные напряжения. Химическая реакция образования трехмерной структуры при отверждении олигомеров сопровождается усадкой, в результате которой возникают остаточные напряжения, снижающие физико-механические характеристики композиционных материалов. Изучение кинетики нарастания остаточных напряжений проводили консольным методом (метод А.Т.Санжаровского) на стеклянной подложке при температурах 30, 50 и 70^0С. В качестве объектов исследования были выбраны эпоксидный олигомер (ЭО) марки DER-330 (Dow Chemicals), углеродные нанотрубки (МУНТ) марок УФН А1 01т (ТУ 2166-001-13800624-2003), астралены типа «В» марки УФН А2 01а (ТУ 2166-001-13800624-2003 (ЗАО «Научно-технический центр прикладных нанотехнологий», г. Санкт- Петербург). Количество отвердителя было рассчитано из стехиометрического равенства эпоксидных и аминных эквивалентов. В области малых содержаний наночастиц (до 0,25 – 1,0об.%) также наблюдается аномальное поведение наносистем и резкое снижение уровня напряжений (аналогично вязкости и усадки). Показано, что при введении при введении Астраленов «В» 0,1 - 1 об.% остаточные напряжения снижаются в 2,5 – 4 раза, при введении МУНТ 0,025 – 0,25 об.% остаточные напряжения снижаются в 2,5-6 раз, которые существенно зависят от температуры отверждения. С повышением температуры отверждения (от 30 до 70 ^{o}С) уровень остаточных напряжений возрастает с 12 до 40 МПа, при этом эффективность действия наночастиц снижается. Так, при температуре отверждения равной 30 ^{o}С остаточные напряжения снижаются с 12,5 до 3 МПа (Астрален «В»), с 12,5 до 2 МПа (МУНТ), при 50 ^{o}С – с 21 до 8 МПа (Астрален «В»), с 21 до 6 МПа (МУНТ) и при 70 ^{o}С - с 39 до 15 МПа (Астрален «В»), с 39 до 17 МПа (МУНТ). При введении наночастиц происходит образование агломератов и формированию рыхлого межфазного слоя за счёт которого происходит релаксация и частично снижаются остаточные напряжения.

Данная работа выполнена в рамках инициативной темы № 55-365

Разработка устройства для производства коротких армирующих частиц

Полушкин М.А.
Научный руководитель – Чарквиани Р.В.
Самарский университет, каф. КиПЛА
maratpolush@gmail.com

В авиации в немалой степени используются слоистые полимерные композиционные материалы (ПКМ). Их уникальные свойства, среди которых высокая удельная прочность, легкость и возможность варьировать свойствами конечного изделия, позволили им занять свою нишу в авиационной и других отраслях промышленности.Но вместе с обширным списком достоинств слоистые ПКМ имеют один существенный недостаток – низкую межслоевую прочность. Одним из способов борьбы с этой их особенностью является метод предварительного нанесения ворса. Суть его заключается в равномерном нанесении ворса на поверхность монослоя с использованием клея на этапе укладки слоев в форму. Ворсинки имеют малую длину (<2мм) и представляют собой тонкие (около 20нм) цилиндрические волокна. Наряду с преимуществами, данный метод упрочнения имеет недостаток – в процессе укладки слоев волокна сминаются, теряют устойчивость и не достаточно проникают в вышележащие слои. На основе этого метода увеличения межслоевой прочности слоистых ПКМ в Самарском Университете разработан новый, использующий в качестве армирующих частиц короткие однонаправленные волокна полимеризованного препрега на основе углеволокна. Частицы здесь представляют собой несколько коротких волокон, скрепленных между собой связующим. За счет этого они обладают большей жесткостью, позволяющей им проникать в выше- и нижележащие слои будущего композита.

Для производства коротких армирующих частиц было разработано устройство, в качестве основы для которого выступил сабельный резак для бумаги. Состоятельность идеи проверена предварительными испытаниями: однонаправленные волокна не мнутся и не смещаются под лезвием резака, оставаясь одинаковой длины по всей длине реза. Устройство состоит из подающего и режущего механизмов. Подающий механизм состоит из рычага и валов. Последние представляют собой цилиндрические валы малого диаметра (5 мм), покрытые резиной для лучшего сцепления с прижимаемым полотном тонкого однонаправленного слоя ПКМ. На корпусе резака устанавливаются кронштейны, удерживающие валы. Оси валов параллельны и располагаются вдоль лезвия резака в непосредственной близости от него. Прижим валов друг к другу осуществляется пружинами. Степень их сжатия можно регулировать.

Механизм подачи располагается на боковой поверхности резака и состоит из зубчатого колеса, рычага и зубца. На оси верхнего вала неподвижно закреплено зубчатое колесо с достаточно мелкими зубьями (количество зубьев 120). На этой же оси через втулку закреплен рычаг, имеющий возможность свободно вращаться. На рычаге имеется выступ, на котором закреплен зубец, способный менять свое положение. При отклонении рычага от начального положения зубец упирается в боковую поверхность зуба зубчатого колеса и прокручивает его вместе с валом. Возврат рычага в исходное положение происходит без вращения зубчатого колеса и вала за счет специальной формы зубца и его способности отклоняться.

Минимальный размер производимых волокон определяется шагом зубьев зубчатого колеса и составляет 0,3 мм. Для регулирования длины получаемых волокон предусмотрено ограничение движения рычага посредством стопорных планок на боковой поверхности гильотинного резака.

Процесс нарезания строится следующим образом: полотно однонаправленного слоя ПКМ укладывается между прижимными валами, поворотом рычага производится подача полотна на заданную длину, далее совершается рабочий ход лезвия резака.

Необходимая точность подачи обеспечивается равномерным прижимом полотна по всей ширине, а также дополнительными мерами, не допускающими люфтов в конструкции.

Закономерности стабилизации микрочастиц на основе привитых сополимеров хитозана с олиголактидами

Порицкая А.Ю.
Научный руководитель – с.н.с. ИСПМ РАН, к.х.н. Демина Т.С.
РХТУ им. Д.И. Менделеева, каф. ППМ
AlexandraPoritskaya@yandex.ru

Биодеградируемые микрочастицы на основе полилактида широко используют в биомедицине в качестве клеточных микроносителей и как средства доставки активных компонентов. Для повышения их биосовместимости ранее были предложены микрочастицы на основе сополимеров хитозана с олиго-/полилактидами с короткими (степень полимеризации (СП) <10) и длинными (СП от 2000) привитыми цепями. Использование этих амфифильных сополимеров позволило получать микрочастицы методом испарения растворителей из эмульсий «масло в воде» без применения синтетических эмульгаторов в дисперсионной среде, однако детальных исследований процесса их стабилизации не проводилось.

Целью работы являлось установление закономерностей самоорганизации амфифильных привитых сополимеров хитозана с олиголактидами при формировании на их основе микрочастиц методом испарения из эмульсий типа «масло в воде». В качестве объектов исследования были выбраны сополимеры хитозана со средней длиной привитой цепи (СП <70) олиго(L,L-/L,D-лактидов). Исследовали три типа сополимеров, состоящих из основной цепи хитозана с молекулярной массой (ММ) 80 кДа и привитыми олиго(L,L-лактидными) (CLL-s) или олиго(L,D-лактидными) (CLD-s) фрагментами, а также на основе хитозана с ММ 320 кДа и привитым олиго(L,L-лактидом) (CLL-c). Микрочастицы на их основе формовали из эмульсий с использованием в качестве «масляной» дисперсной фазы сополимеров или композиций, состоящих из разных соотношений сополимера и олиго/поли(L,L-/L,D-лактидов), растворенных в смеси CH_2Cl_2/ацетон (9/1). В работе исследовали возможность получения микрочастиц с использованием в качестве «водной» дисперсионной среды дистиллированной воды, а также оценивали их выход, размер, распределение по размерам и морфологию полученных микрочастиц.

В зависимости от природы привитых фрагментов и характеристик основной цепи, общий выход микрочастиц и их распределение по размерам существенно варьировались. Прививка на хитозан фрагментов олиго(L,D-лактида) приводит к получению микрочастиц с выходом 51.8 %, что превышает выход микрочастиц на основе образца с привитыми фрагментами олиго(L,L-лактида). Увеличение ММ основной цепи приводит к снижению общего выхода: 42.5 % и 39.3 % для образцов CLL-s и CLL-c, соответственно. Частичное замещение сополимера в масляной фазе гомополимерами поли(L,D-лактида) с различной ММ так же обеспечивает возможность получать микрочастицы без использования эмульгаторов в дисперсионной среде, в то время как замещение аморфно-кристаллическими олиго- и поли(L,L-лактидами) существенно снижает выход микрочастиц. При этом увеличение ММ замещающего олиго/поли(L,L-лактида) снижает выход микрочастиц. Вероятно, стабилизация микрочастиц на основе сополимеров связана с миграцией гидрофильных фрагментов на границу раздела масло/вода и, соответственно, выход микрочастиц определяется эффективностью протекания данного процесса. Использование сополимеров, содержащих аморфно-кристаллические фрагменты олиго(L,L-лактида), а также гомополимеров поли(L,L-лактида) затрудняет процесс самоорганизации амфифильных сополимеров в «масляной» фазе.

Автор благодарит РФФИ (№15-02-06233-а) за частичную финансовую поддержку и Университет Льежа (Бельгия) за помощь в проведении исследований.

Сравнительная динамика пены, мыльной плёнки и капли

Готовцева Т.А., Потапов М.П.
Научный руководитель – д.ф.-м.н. Сонин А.А.
МПИ, каф.Физика
mrk9804@gmail.com

Пористые полимерные композитные материала в настоящее время широко используются при конструировании авиационных и космических аппаратов. Многие пористые материалы получают на основе пены.

Для оптимизации физических свойств таких материалов целесообразно изучать модельные жидкие пены, например, полученные из водных растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ). В данной работе предложена простая теоретическая модель, описывающая динамику таких пен. Предполагается, что растворы ПАВ, на базе которых изготовлена пена, достаточно концентрированы, поэтому амфифильные молекулы в них образуют сферические мицеллы. В относительно небольших объёмах растворителя эти мицеллы могут формировать лиотропную жидкокристаллическую фазу, характеризующуюся расположением мицелл в узлах кубической кристаллической решётки.

Рассматривая временную динамику уменьшения диаметра воздушного пузырька в растворе ПАВ (изолированной ячейки «влажной» пены, которая содержит значительный объём жидкой фракции), естественно предположить, что площадь проекции пузырька на плоскость уменьшается со скоростью, которая пропорциональна количеству мицелл, проникающих в пузырёк за единицу времени, умноженному на проекцию площади одной мицеллы. Из этого дифференциального уравнения получается, что квадрат диаметра воздушного пузырька линейно уменьшается со временем, что согласуется с экспериментальными наблюдениями [1

Проанализирована динамика утончения стенок так называемой «сухой» пены (содержащей небольшое количество жидкой фракции) – т.е. свободно стоящих мыльных плёнок. При утончении таких плёнок содержащиеся в них мицеллы уходят в окружающий жидкий мениск слоями. При этом наблюдается так называемая стратификация, когда на поверхности плёнки открываются округлые домены меньшей толщины. Разработанная модель предсказывает аналогичное временное поведение диаметра таких доменов, что также согласуется с экспериментом (например, [2]).

Изучена динамика растекания смачивающей капли жидкости (концентрированного раствора ПАВ) по твёрдой поверхности. В этом случае следует ожидать, что капля будет накрывать поверхность мицеллярными слоями, и при этом квадрат диаметра капли будет также пропорционален времени. Такое поведение характерно для широкого круга жидкостей [3].

Таким образом, замечена интересная физическая аналогия, когда, казалось бы, разнородные физические явления (в пенах, мыльных плёнках и каплях) описываются одинаковыми законами.

Список литературы:

1. Сонин А.А., Карпов И.А., Волкова Л.В. Определение коэффициентов диффузии и проницаемости воздуха для некоторых синтетических моющих средств методом уменьшающегося пузырька // Отправлена в «Письма в ЖТФ».

2. Sonin A.A., Langevin D. Stratification Dynamics of Thin Films Made from Aqueous Micellar Solutions // Europhys. Lett. 1993. V. 22 (4). P. 271–277.

3. Joanny J. F., De Gennes P.-G. Upward Creep of a Wetting Fluid: a Scaling Analysis // J. Phys. (Paris). 1986. V. 47. P. 121–127.

Разработка эпоксибазальтокомпозита для коррозионной защиты железобетонных конструкций трубопроводов

Пунина М.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Бухаров С.В.
МАИ, каф. ТКМ,КиМ
mp.mai@mail.ru

Защита от коррозии железобетонных конструкций канализационных сетей становится все более актуальной в последнее время, поскольку устранение аварий требует значительных финансовых и временных затрат. Железобетонные конструкции подвержены воздействию жидких и газообразных агрессивных сред. Значительный эффект на коррозию таких конструкций оказывает серная кислота, продуцируемая тионовыми бактериями, потребляющими сероводород. Негативное влияние оказывают также оксиды азота, серы, углерода, наличие на поверхности конструкций различных грибов и бактерий, щелочная и кислая водные среды.

Одним из методов защиты от коррозии конструкций канализационных сетей является нанесение покрытий или оболочек (футеровки) из полимерных композитов, обычно, стеклокомпозитов, на внутреннюю поверхность трубопровода.

Известно, что стекловолокно, используемое при изготовлении стеклокомпозитов, теряет прочность в щелочной среде цемента и при воздействии кислотных и щелочных водных сред.

Волокна из базальта, при этих же условиях, практически не теряют своих исходных прочностных характеристик, что позволяет значительно продлить срок эксплуатации базальтокомпозитов, при этом для эффективной защиты бетонных конструкций, важную роль играет правильный подбор матрицы, которая из-за своей низкой биохимической устойчивости является слабым звеном в защитных свойствах базальтокомпозитов.

Целью настоящей работы является выбор и исследование возможности повышения биохимической стойкости полимерной матрицы и антикоррозионных свойств базальтокомпозитов на ее основе для защиты железобетонных конструкций. В качестве объектов исследования были выбраны эпоксивинилэфирные связующие на основе смолы «Камфэст-15 ВЭС» и базальтовые ткани различного плетения отечественного производства. Изготовление и стандартные испытания образцов к действию кислотных и щелочных сред в интервале pH 3-9 проводили в ОАО «НПО «Стеклопластик».

Результаты испытаний показали, что базальтокомпозиты на основе эпоксивинилэфирных связующих обладают хорошей, но в тоже время недостаточной химической и биологической стойкостью, при их пористости 1,8% водопоглащение на воздухе в течение 24 часов – 0,04 масс.%, и после кипячения в воде – 0,06 масс. %.

Было предположено, что в процессах тепло-влажностного старения таких композитов помимо сорбционно-диффузионных процессов важнейшее значение имеет биологическая стойкость материала.

Для повышения устойчивости отвержденных эпоксивинилэфирных связующих и базальтокомпозитов на их основе к действию типовых грибков в связующие вводили наноразмерные порошки фунгицидных веществ: трифенилоловоацетата и 8-оксихинолята меди в количестве 1-1,5%. Для оценки биохимической устойчивости матриц и базальтокомпозитовк стандартным штаммам плесневых грибов использовали, как традиционные методики (ГОСТ 12020-72.Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред.), так и методики, разработанные в ИБФМ РАН.

Результаты первой серии экспериментов на биохимическую устойчивость эпоксивинилэфирной матрицы и базальтокомпозита на ее основе позволили определить исходные составы связующих, тип и количество модифицирующих добавок, обеспечивающих их высокую биохимическую стойкость, было также исследовано влияние модифицирующих добавок на процессы отверждения эпоксивинилэфирных связующих и их физико-механические свойства в отвержденном состоянии.

Влияние нанонаполнителей на вязкость и кинетику отверждения нанокомпозитов на основе эпоксидного олигомера и нанонаполнителей углеродной и кремниевой природы

Пыхтин А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Симонов-Емельянов И.Д.
МИТХТ, каф.ТКМКиМ
nanocntpolimer@gmail.com

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) широко применяют в различных отраслях науки и техники. Их используют в автомобильной, мебельной, приборостроительной, электротехнической, машиностроительной авиа- и космической промышленностях. При разработке изделий или конструкционных элементов из ПКМ с улучшенным комплексом технологических и эксплуатационных свойств одним из перспективных методов модификации является введение в связующее нанонаполнителей. При создании угле- и стеклопластиков для авиационной и космической промышленности в качестве связующего для создания деталей корпуса и закрылков используют реактопласты. В качестве основы в подобных ПКМ часто используют эпоксидные олигомеры. Введение высокодисперсных частиц нанонаполнителей в эпоксидные олигомеры приводит, как правило, к повышению вязкости и их загущению, что следует учитывать при получении полимерных связующих для пропитки волокнистых армирующих наполнителей. Поэтому одним из важных технологических параметров при производстве угле- и стеклопластиков является вязкость связующего. От этой характеристики зависит скорость и качество пропитки волокна или стекло-углеткани. В качестве нанонаполнителей чаще всего используют различные наномодификаторы, такие как углеродные нанотрубки, нановолокна, фуллерены, астралены, бентониты, монтмориллониты графены, наносажи и т.д. В качестве объектов исследования были выбраны эпоксидный олигомер (ЭО) марки DER-330 (Dow Chemicals), углеродные нанотрубки (МУНТ) марок УФН А1 01т (ТУ 2166-001-13800624-2003), астралены типа «В» марки УФН А2 01а (ТУ 2166-001-13800624-2003) (ЗАО «Научно-технический центр прикладных нанотехнологий», г. Санкт- Петербург), белая сажа марки БС-50 (Компания «БСК», ГОСТ 18307-78). В качестве отвердителя был использован триэтилентетрамин (ТЭТА) фирмы «Dow Chemicals». Количество отвердителя было рассчитано из стехиометрического равенства эпоксидных и аминных эквивалентов. При введении оптимального количества наномодификаторов (концентрации при которых происходит повышение ударной вязкости, модуля упругости и прочности при сжатии) наблюдается снижений вязкости: введение белой сажи приводит к снижению вязкости ~ на 20 %, минимум вязкости наблюдается при концентрации 0,05 об.%; при введении МУНТ снижение вязкости ~ на 25%, минимум вязкости при 0,025 об.%; при введении астраленов «В» снижение вязкости ~ на 30%, минимум вязкости при 0,1 об.%. Снижение вязкости дисперсной системы на основе эпоксидного олигомера DER-330, содержащей наночастицы, связано с высокой удельной поверхностью нанонаполнителей (МУНТ, астраленов и белой сажи), адсорбцией и образованием рыхлых межфазных слоев. Не менее значимым параметром является время безопасной переработки эпоксинанокомпозита. Установлено что при введении 0,05 об.% МУНТ время начала гелеобразования ($t_{нг}$) уменьшается с 24,5 до 8,5 минут, а время гелеобразования ($t_г$) с 28 до 10,5 минут; при введении 0,1 об.% астраленов «В» $t_{нг}$ до 13,5 минут, а $t_г$ до 16,5 минут; при введении 0,05 об.% $t_{нг}$ до 12 минут, а $t_г$ до 15,5 минут. Уменьшение времени безопасной переработки может быть связано с тем, что на поверхности твердых наночастиц и их агломератов формируется граничный слой, состав, структура и, соответственно, свойства которого отличаются от связующего в объеме. Вероятнее всего при адсорбции макромолекул наблюдается их ориентация (в том числе и функциональных групп), снижение их подвижности и реакционной способности, изменение стехиометрического соотношения между эпоксидным олигомером и отвердителем в адсорбционном слое, что может привести к изменению кинетики процесса отверждения эпоксидного олигомера.

Данная работа выполнена в рамках инициативной темы № 55-365

Получение пленок диоксида кремния для «жертвенных» слоев устройств микросистемной техники

Романов Ю.А.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Жуков А.А.
АО «Российские космические системы»
romanoff.yurij2016@yandex.ru, lidro@yandex.ru

Пленки диоксида кремния широко применяются в полупроводниковой технологии в качестве межслойной изоляции и для пассивации готовых структур. К процессу пассивации готовых структур предъявляются наиболее жесткие требования по температуре процесса: обычно она не должна превышать 450 ^{0}C. Существуют различные методы получения пленок диоксида кремния. Наилучший по своим свойствамм диоксид кремния получается при окислении материала самой кремниевой пластины при высокой (более 1000 ^{0}C) температуре. Данный метод имеет целый ряд ограничений, в частности, он неприменим для получения пленок поверх металлизации. Остальные методы связаны с проведением реакций между кремнийсодержащим прекурсором и окислителем с образованием диоксида кремния на пластине. Можно выделить следующие группы таких методов: а) термохимические методы, при которых газофазная реакция активируется нагревом; б) фотохимические методы, при которых реакция протекает за счет облучения; в) плазмохимические методы, при которых реакция протекает при горении плазмы; г) SOG (spin-on glass) – методы, при которых жидкая фаза, в состав которой входит кремнийсодержащий прекурсор, наносится на поверхность пластины, которая затем отжигается.

Целью работы являлось получение диоксида кремния для «жертвенного» слоя при изготовлении устройств микросистемной техники. К «жертвенному» слою предъявляются следующие требования: высокая равномерность и низкая температура процесса.

Был выбран плазмохимический метод получения диоксида кремния из тетраэтоксисилана и кислорода в установке "Изоплаз". Метод позволяет обратывать небольшие партии пластин с получением высококачественных слоев диоксида кремния при относительно низкой температуре процесса (350 ^{0}C), получаемые пленки — плотные, по свойствам близки к пленкам, получаемым термическим методом (коэффициент преломления 1.46, пробивные напряжения приблизительно 100 В на 100 нанометров, скорости травления в пределах 1000 А/мин). Но пленки получались неравномерными, ±10% по партии пластин. Для пассивации готовых структур это приемлемо, а для получения «жертвенных» слоев — нет. Следовательно, чтобы достичь поставленной цели, необходимо решить единственную задау – добиться равномерности получаемых пленок. Пленки диоксида кремния осаждали на кремниевые пластины диаметром 76 мм. Экспериментальным путем выявлено, что толщина пленки не зависит от ориентации пластины. Были получены пленки диоксида кремния с разбросом по толщине ±3% по партии пластин и ±1.5% по оттдельно взятым пластинам. Скорость травления в буферном травителе составляет в среднем 900 ангстрем в минуту. Показатель преломления получаемых пленок - 1.457..1.463. Скорость роста - 0.24..0.25 микрометров в час. Полученные результаты позволяют обоснованно подходить к выбору режимов осаждения функциональных и «жертвенных» слоев в технологии плоских радиочастотных микропереключателей.

Исследование распространения волн ударного сжатия в эпоксидных компаундах, моделирующих эмульсионные средыметодом ВИЗАР

Зиборов В.С., Ростилов Т.А., Тетенков А.В.
Научный руководитель – профессор, д. ф.-м. н. Канель Г.И.
ОИВТ РАН, лаб. 1.1.1.
t.rostilov@yandex.ru

Лазерный интерферометр ВИЗАР, так же известный как квадратурный неравноплечный интерферометр, применён для исследования распространения волн

ударного сжатия в эпоксидных компаундах, моделирующих эмульсионные среды. Длина волны используемого лазера 532 нм. Пороховая пушка калибром 57 мм использована для метания плоских ударников из алюминиевого сплава Д16Т, толщина которых варьируема в зависимости от требований к эксперименту. Снаряды метались в цилиндрическую сборку, состоящую из двухмиллиметрового экрана из Д16Т, варьируемого по толщине слоя из исследуемого материала и алюминиевой фольги толщиной 7 или 100мкм,отражающей лазерный пучок. Толщина исследуемых образцов находилась в диапазоне 4 – 5мм. Толщина фольги зависела от требования конкретного эксперимента. Диаметр сборки выбирался из условия $d_{сборки} > 4d_{образца}$, необходимость которого обусловлена требованием исключения боковых волновых возмущений на исследуемую поверхность во время эксперимента. Сборка располагалась в исследовательской камере, которая подвергалась вакуумации для исключения влияния возмущений воздушной среды на сборку во время эксперимента. В экспериментах остаточное давление газов не превышало $1 \cdot 10^{-1}$ мм рт.ст. Скорость ударника в момент соударения определялась системой из четырехпиновых датчиков, которые так же выполняли функцию измерителей нарушения взаимной параллельности ударника и сборки. Измеряемый перекос в экспериментах не превышал 0.03°.

Получены профили скорости свободной поверхности образцов из компаунда ЭТАЛ-370 и сферопластика на его основе в диапазоне скоростей ударника от 350 до 580 м/с. Сферопластик состоял из стеклянных микросфер диаметром 20-80 мкм в соотношении наполнитель-компаунд по объёму 7/10. Показано, что в образцах, содержащих стеклянные микросферы, наблюдается так называемая двух-волновая конфигурация, в то время как ударно-нагруженный немодифицированный микросферами компаунд ЭТАЛ-370 не проявляет такую конфигурацию. Предполагается, что такая конфигурация обусловлена гетерогенной структурой сферопластика. Получена зависимость ширины фронта сжатия от скорости ударника.

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН.

Снижение радиолокационной заметности объектов военной техники посредством использования радиопоглощающих материалов и покрытий

Рылев И.Б.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ильинская О.И.
МАИ, каф. ТППДЛА
zefirka27165@gmail.com

На современном этапе развития средств вооружения и военной техники (ВТ) основным средством обнаружения объектов являются радиолокационные станции (РЛС), поэтому особую значимость имеет задача снижения радиолокационной заметности (РЛЗ) объектов, причём при сохранении их основных служебных характеристик. Специальный комплекс мер по уменьшению РЛЗ принято называть "Stealth-технологиями". В данной работе рассмотрены радиопоглощающие материалы и покрытия (РПМ и РПП) и их виды, применяемые на объектах ВТ для уменьшения РЛЗ.

На сегодняшний день создано огромное количество различных РПМ и РПП. Выделим основные виды:

- по принципу действия: *поглощающие*, действие которых основано на преобразовании энергии ЭМВ в другие виды энергии, как правило, в тепловую, что обеспечивается за счёт наведения рассеянных слабых токов, диэлектрических ε'' и магнитных μ'' потерь, а минимальное отражение обеспечивается за счёт подбора величины волнового сопротивления материала z,максимально близкого к величине волнового сопротивления среды и придания оптимального рельефа поверхности (перфорация, шипы и т.д.); *интерференционные*, вызывающие гашение ЭМВ за счёт их интерференции; *комбинированные*, сочетающие разные принципы действия;
- по структуре: *однослойные*; *многослойные,* которые могут быть со ступенчатым переходом между слоями и градиентными - с плавным переходом;

- по диапазонам частот: *узкодиапазонные* (чаще всего, интерференционные) и *широкодиапазонные*, которые разделяют на материалы, использующие принцип "электрического болота", т.е. поглощение большей части излучения до достижения им отражающей поверхности, и магнитодиэлектрические (МДЭ) материалы (обычно, поглощающие).

Применение конкретного материала или покрытия для уменьшения РЛЗ ВТ зависит от условий эксплуатации объекта, назначения и других условий. Для авиации часто применяются широкодиапазонные МДЭ материалы, которые представляют собой композиты на основе диэлектрических связующих (полимеры, керамика) и наполнителей в виде магнитных компонентов различной природы (токопроводящие материалы в виде порошков, волокон, тканей - углеродных, металлических, полимерных и углеродных металлизированных, а также ферриты, аморфные металлы). Для снижения РЛЗ стационарного оборудования и подвижного наземного оборудования, техники, транспорта разработан большой ассортимент поглощающих узко- и широкодиапазонных материалов в виде сеток, накидок, плёнок, покрытий, пенопластов и пенорезин, листовых материалов. Для уменьшения РЛЗ надводных и подводных кораблей особое значение имеют широкодиапазонные РПМ малой толщины, обладающие высокими механическими свойствами.

Сделать объект абсолютно "радионевидимым" невозможно. И всё-таки работы по созданию новых образцов РПМ и РПП продолжаются. Перспективными считаются материалы с регулируемыми электрическими и магнитными свойствами, имеющие в составе углеродные нанотрубки, наноструктурные гранулированные композиты и т.д.

Органомагнийоксаноиттрийоксаналюмоксан – перспективная спекающая добавка для SiC- керамики

Кривцова Н.С., Рюмина А.А.
Научные руководители – профессор, д.т.н. Жариков Е.В., к.т.н. Файков П.П.
РХТУ им. Д.И. Менделеева, каф. ХТК
д.х.н. Щербакова Г.И.
ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС»
annarumina@icloud.com

Керамические материалы на основе карбида кремния широко применяются как конструкционные для многих областей техники благодаря высокой прочности и твердости, хорошей стойкости к окислению и сопротивлению термическому удару.

Для получения плотной SiC- керамики обычно используют метод жидкофазного спекания с оксидными добавками. Наиболее перспективными из них, обеспечивающими при термообработке образование расплава и проведение спекания по жидкофазному механизму, являются Al_2O_3, Y_2O_3 и MgO .

В ГНИИХТЭОС были синтезированы гидролитически устойчивые в атмосфере воздуха растворимые в органических растворителях керамообразующие органомагнийоксаниттрийоксаналюмоксаны с определенным мольным отношением Al:Mg и Al:Y .

В качестве исходных соединений для синтеза органомагнийоксаналюмоксанов использовали: раствор этилацетоацетатэтоксигидроксиалюмоксана в этиловом спирте; ацетилацетонат иттрия, ацетилацетонат магния.

Известно, что тройная оксидная система MgO (3,66 мас. %) + Y_2O_3 (24,70 мас. %) + Al_2O_3 (71,64 мас. %) является хорошей спекающей добавкой для SiC- керамики. Нами синтезирован органомагнийоксаниттрийоксаналюмоксан с заданным мольным соотношением Al:Mg и Al:Y, после пиролиза которого образовывалась керамика необходимого состава.

Синтезированный олигомер и образец керамики, после пиролиза олигомера, исследованы с помощью современных физико-химических методов: ЯМР ^{1}H, ^{13}C, ^{27}Al, ИК-спектроскопии, СЭМ, ТГА, РФА и элементного анализа.

Получение керамики с помощью керамообразующих олигомеров позволяет легче и результативней решать многие из задач создания компонентов композиционных керамических материалов, если сравнивать с получением их осаждением из газовой фазы, экструзией паст или из высокочистых оксидов.

Преимущества прекурсоров на основе керамообразующих олигомеров : отсутствие неконтролируемых примесей, высокая совместимость компонентов в композите, возможность моделирования микро- и макроструктуры керамики на стадии синтеза керамообразующего олигомера, возможность получения нанокерамических изделий сложной геометрии без применения чрезмерно высоких температур и давлений.

Исследование теплопроводности фторопластовых композиционных материалов, наполненных алюминием и медью

Ан Д.А., Савин Д.В.
Научные руководители – профессор, д.т.н. Адаменко Н.А.; доцент, к.т.н. Казуров А.В.
ВолгГТУ, каф. МВ
mvpol@vstu.ru

Для повышения прочностных свойств и износостойкости фторопласта (Ф-4), в него вводят металлы. Перспективно использование в качестве наполнителей алюминиевых и медных порошков, которые позволяют наиболее сильно повысить теплопроводность Ф-4 по сравнению с другими металлами. Из-за высокой вязкости Ф-4 антифрикционные и уплотнительные изделия из него изготавливают с помощью методов порошковой металлургии, заключающихся в смешивании порошков Ф-4 и металлов, их прессовании и последующем спекании. Однако данных о влиянии степени наполнения и способах получения композиционных материалов (КМ) на основе Ф-4, наполненных металлами недостаточно, поэтому целью работы являлось изучение теплопроводности Ф-4, наполненного до 40% об. порошками алюминия и меди.

В качестве наполнителя Ф-4 использовали порошки меди (ПМС-1) и алюминия (ПА-4), которые просеивали, промывали в этаноле и высушивали. Концентрация металлов варьировалась от 10 до 40 % об. Объемные пропорции в порошковых смесях обеспечивали смешиванием навесок заданной массы (с точностью до 0,01 г.), взвешенных на лабораторных электронных весах OHAUS-123. Образцы получали статическим прессованием (СП) порошковых смесей в пресс-форме давлением 200МПа. Спекание проводили в свободном состоянии при 380 °С с выдержкой 15 минут на один миллиметр толщины образца. Теплопроводность измерялась по стандартной методике на установке КИТ-02Ц «Теплофон». Структуры исследовали на оптическом микроскопе «Olympus» BX-61.

Установлено, что при увеличении содержания металла с 10 до 40 % об. теплопроводность КМ повышается с 1,36 до 2,24 Вт/м·К при наполнении Al, с 1,17 до 1,38 Вт/м·К при наполнении Cu. После спекания теплопроводность снижается до 1,05-1,49 Вт/м·К у КМ Ф-4+Al и повышается до 1,36-1,53 Вт/м·К у КМ Ф-4+Cu. При этом спекание снижает плотность КМ на 3-5 %. Повышение теплопроводности КМ с увеличением содержания металла связанно со смесевыми закономерностями, так как все больше включаются механизмы теплопередачи для металлов. Снижение теплопроводности при спекании фторопласт-алюминиевых КМ может быть связано с уменьшением адгезионного взаимодействия при спекании в свободном состоянии за счет частичного разрыва слабых межфазных связей из-за влияния оксидных пленок, которые препятствуют диффузии компонентов и созданию более сильного адгезионного контакта, на что указывает снижение плотности. Увеличение теплопроводности в КМ Ф-4+Cu, обусловлено улучшением адгезионного взаимодействия на границе металл-полимер при спекании, так как у меди отсутствует прочная оксидная пленка, поэтому более активно проходят диффузионные процессы, усиливая адгезионное взаимодействие при спекании. Также более развитая поверхность частиц меди предотвращает разрыв адгезионных связей за счет механического зацепления и большей поверхности контакта.

Технология изготовления 3-х мерных каркасов УУКМ

Самойленко В.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Бухаров С.В.
МАИ, каф. ТКМ,КиМ
rubanova-v@bk.ru

В настоящее время в области производства и изготовления УУКМ для армирования пакета-заготовки чаще всего применяется стержневая технология, но данная технология является дорогостоящей и трудоемкой и часто не может обеспечить получение материалов с требуемыми характеристиками. Поэтому в зависимости от требований к производимому материалу используют другие виды армирования из переплетенных нитей - 2D и 3D ткани, характеризующиеся количеством элементарных волокон в нити, размером пучка, шагом и количеством нитей, видом плетения и плотностью укладки нитей. Современные технологии плетения нитей позволяют получать объёмные каркасы различных геометрических форм, а так же производить моноизделия сочетающие в себе сложные геометрические фигуры, такие как, например, цилиндр с полусферическим куполом, призма с куполом в виде конуса и др.

В данной работе рассматривается усовершенствованная технология использования 2D тканей с трансверсальной прошивкой, которая позволяет дополнительно уплотнить пакет-заготовку (преформу) для получения армированных УУКМ, выдерживающий расчётные нагрузки. Дополнительное уплотнение преформы, возможное до толщины 200 мм, необходимо для получения композиционного материала с большей плотностью. Для этих целей используется специальный набор прошивных игл и разработана специальная оснастка и приспособления для получения образцов преформ с 3D схемой армирования, имеющих разную плотность за счет варьирования шага и толщины нити. В качестве ткани была использована углеродная ткань УТ-900, а в качестве прошивной нити – углеродная нить УТН-5000. При исследовании технологии изготовления преформ методом прошивки установлено истирание прошивной нити и нитей в тканевом пакете с повреждением элементарных волокон в них, которое усугубляется при уменьшении шага прошивки, толщины тканевого пакета и прошивной нити, её расположение в периферийной области пакета, а также усилия протягивания нити через пакет.

Для исследования были выбраны стандартные методы оценки истираемости нитей при ткацких технологиях, а также нестандартные методы оценки прочности моноволокна, разрыва пучка нитей и испытаний микропластика. Методом микроскопии проведена оценка количества разрывов элементарных волокон при прошивке, а также определено изменение угла смачивания водой поверхности волокон прошивной нити.

По результатам проведенных исследований можно сказать, что проблемными вопросами в данной технологии для сохранения прочностных свойств 3D волокнистых преформ, получаемых методом прошивки углеродными нитями углеродных 2D тканей, являются вопросы снижения коэффициента трения и уменьшения истираемости нити.

Исследование влияния пористости на физико-механические свойства углепластика в авиационных конструкциях

Сапега Е.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Салиенко Н.В.
МАИ, каф. ТКМ,КиМ
intdep@mati.ru

Определение физико-механических свойств, оценка прочностных характеристик, а также прогнозирование остаточного ресурса деталей и элементов конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ) является одной из важнейших задач авиастроения. На физико-механические свойства ПКМ оказывают влияние не только состав и структура, но и различные дефекты, возникающие при производстве и эксплуатации деталей изготовленных из этих ПКМ.

Целью исследования является изучение влияние пористости в полимерном композиционном материале на основе непрерывных углеродных волокон (углепластика) на прочность авиационных конструкций изготавливаемых из него. Углепластик в конструкции должен работать в заданном диапазоне условий эксплуатации в течение заданного ресурса, обеспечивая необходимый уровень безопасности. Поэтому объективная оценка влияния пористости на физико-механические свойства углепластика с помощью экспериментальных методов и компьютерного моделирования на этапе проектирования является актуальной задачей.

При проведении исследований были использованы образцы углепластика на основе эпоксидного связующего КПР-150 (32%), изготовленного прессованием, с заданием различных схем армирования (марка нити основы Toho Tenax IMS65 E23 24K (68%)). Определение точного процентного содержания связующего и наполнителя в образцах углепластика, проводилось с использованием отжига серии образцов в муфельной печи при температуре 500°С.

Для определения влияния пористости, в работе были проведены следующие исследования: определено объемное содержание пор методами гидростатического взвешивания и ширографии. Проведены испытания образцов на растяжение и сжатие на испытательной машине LFM-100 (Walter + BaiAG), испытания ударной прочности на маятниковом копре Zwick 5113. Установлены зависимости прочностных характеристик от объемного содержания пор. Исследовано влияние микроструктуры полимерного композиционного материала на его физико-механические свойства. На основании полученных экспериментальных данных был проведен анализ и установлены зависимости прочностных характеристик от процентного содержания пор.

Предложенная в работе конечно элементная модель углепластика содержащая дефект в виде поры на границе волокно матрица показала хорошую корреляцию с экспериментальными данными.

Полученные в результате анализа данные позволяют прогнозировать дальнейшее развитие дефектов и остаточный срок службы элементов авиационных конструкций, что в свою очередь позволит для обеспечения максимально длительного срока эксплуатации.

Разработка и исследование теплостойких углепластиков, обладающих требуемой изгибной жесткостью и эффектом памяти формы

Слюсарев А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Резниченко Г.М.
МАИ, каф. ТКМ,КиМ
rulryuk@mail.ru

В последние годы уделяется большое внимание разработке и исследованию новых интеллектуальных материалов и конструкций, изменяющих свою форму и размеры в ответ на воздействие внутреннего температурного поля (нагрева). Такие материалы очень важны при изготовлении исполнительных элементов (актюаторов или шарниров), обеспечивающих необходимые обратимые изгибные деформации для многократного складывания и восстановления формы конструкции (циклы разворачивания-сворачивания) при использовании только «одностороннего» эффекта памяти формы (ЭПФ).

В качестве объектов исследования использовали многослойные армированные полимерные композиционные материалы (ПКМ) из углеродной ткани, пропитанной эпоксидным или полиуретан-эпоксидным связующим, представляющим собой блок-сополимер эпоксидиановой смолы и полиэфируретана (ПЭУ) на основе сложного олигоэфира и полиизоцианата, синтезируемого в эпоксидной смоле. В качестве отвердителя использовали диаминдифенилметан в заданном стехиометрическом соотношении.

Температурно-временные режимы отверждения связующих изучали методом диэлектрического анализа. Показатели ионной вязкости и коэффициента диэлектрических

потерь определяли при помощи диэлектрического анализатора DEA 288 фирмы Netzsch в диапазоне температур от 20º до 160ºС при скорости нагрева 10 К/мин.

Исследована кинетика отверждения связующих и определены температура и время их полного отверждения, послужившие основой выбора режимов прессования прямоугольных образцов ПКМ, длиной 100 мм, шириной 40 мм и толщиной 0,5 - 2 мм.

Термомеханические характеристики - теплостойкость и изгибная жесткость образцов ПКМ определяли методом динамического механического анализа. Температурные зависимости действительной (E') и мнимой (E") частей динамического модуля Юнга и деформативности (приращения длины образца) dL измеряли при помощи динамического механического анализатора DMA 242 E Artemis фирмы Netzsch, а по ним - определяли температуру стеклования (T_c). Образцы испытывали в динамическом одноконсольном режиме при частоте 1 Гц, амплитуде 30 мкм и скорости нагрева 2 К/мин в диапазоне температур от 20º до 180ºС. Размеры вырезанных образцов: длина 40 мм, ширина 10 мм и толщина 0,5 - 2 мм. Получены зависимости температуры стеклования от режимов отверждения и состава ПКМ.

Изучение термомеханического эффекта памяти формы образцов (кинетики усилия восстановления/разворачивания) в зависимости от числа слоев углеродной ткани и ее объемного содержания осуществляли в термошкафу с использованием пружинного динамометра.

В результате проведенных комплексных исследований разработан новый функциональный армированный слоистый композиционный материал на основе выбранного теплостойкого углепластика, обладающего требуемой изгибной жесткостью при высоких температурах и ЭПФ.

Исследование кинетических параметров реакции отверждения высокопрочных пленочных клеев на основе модифицированных эпоксидных олигомеров

Козловская А.С.[1], Соколова А.В.[2], Хабенко А.В.[2]
Научные руководители – профессор, д.т.н. Бабаевский П.Г.[1], к.т.н. Степанов Н.В.[2]
[1]МАИ каф. ТКМ,КиМ, [2]АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина»
avs865@rambler.ru

Развитие авиационной и космической техники невозможно представить без применения синтетических клеев. При этом наиболее полно требованиям современной авиакосмической промышленности отвечают высокопрочные пленочные клеи (клеевые пленки) на основе модифицированных эпоксидных олигомеров.

Одной из основных областей применения таких клеев являются трехслойные сотовые конструкции с несущими слоями (обшивками) из полимерных композиционных материалов (ПКМ) и сотовым заполнителем, получившие широкое распространение в агрегатах российских и зарубежных летательных аппаратов всех классов благодаря своим уникальным свойствам (акустическая стойкость, повышенная теплопроводность, повышенная звукоизолирующая способность и др.) в сочетании с высокой весовой эффективностью.

Важным показателем, отвечающим за конечные свойства клеевого соединения между обшивками и сотовым заполнителем и их стабильность в процессе эксплуатации, является степень превращения (отверждения) клеевого слоя. Кроме того, в ряде случаев при изготовлении сотовых конструкций может быть целесообразно использование пленочных клеев с определенной начальной степенью превращения, позволяющей снизить проницаемость и повысить прочность пленки в процессе формования (например, при вакуумно-инфузионном формовании).

Таким образом, исследование процесса отверждения клеевых пленок и расчет кинетических параметров (КП) реакции отверждения является актуальной задачей. Поэтому основная цель, поставленная в рамках данной работы, заключалась в оценке достоверности расчетных значений степени превращения в зависимости от температуры и скорости нагрева. В качестве объектов исследования были выбраны пленочные клеи марок ВК-36 (отечественный) и Redux 322U-300GSM-40M2/PK (импортный), получивших

наибольшее распространение при изготовлении трехслойных конструкций авиационного и космического назначения.

Для математического описания кинетики отверждения использовалось кинетическое уравнение Аррениуса. Параметры, необходимые для решения уравнения, находились с использованием интегрального метода Озавы-Флина-Уолла, основанного на расчете энергии активации реакции по нескольким термограммам дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), снятых при различных скоростях нагрева. В результате были получены расчетные значения степеней превращения клеевых пленок в зависимости от температуры и времени выдержки в изотермическом режиме.

Для оценки достоверности выполненных расчетов было проведено экспериментальное определение степени отверждения образцов, выдержанных различное время при заданной температуре, методом ДСК по остаточной степени отверждения.

Построены расчетные и экспериментальные кривые зависимости степени отверждения от времени выдержки при различных температурах, позволяющие определить диапазон значений степени предотверждения клеевых пленок, в котором достоверность прогнозов наиболее высока. Результаты данной работы предназначены для разработки и оптимизации режимов предотверждения и окончательного отверждения исследованных пленочных клеев.

Стабилизация микрочастиц из эмульсий Пикеринга: влияние характеристик нанокристаллического хитина

Сотникова Ю.С.
Научный руководитель – с.н.с. ИСПМ РАН, к.х.н. Демина Т.С.
МАИ, каф.ТКМ,КиМ
sotnikova_94@mail.ru

Эмульсии представляют большой практический интерес, т.к. широко применяются в пищевой, косметической и фармацевтической отраслях промышленности. Получение эмульсий и их стабилизация может быть достигнута путем длительного механического перемешивания и добавления поверхностно-активных веществ/полимеров. Однако, для стабилизации эмульсий можно применять и твердые коллоидные частицы. Такие эмульсии называются эмульсиями Пикеринга и их стабилизация заключается в накоплении частиц на границе раздела фаз в виде толстого слоя, который может препятствовать каплеобразованию. Следовательно, одной из главных особенностей эмульсий, стабилизированных твердыми частицами, является их устойчивость к коалесценции. Перспективным типом наночастиц, которые могут быть пригодны для стабилизации эмульсий Пикеринга, является нанокристаллический хитин (НКХ). Хитин – природный полисахарид и, соответственно, его структура может сильно отличаться в зависимости от источника и условий выделения. НКХ полученные из разных образцов хитина могут существенно отличаться, в т.ч. по способности стабилизировать эмульсии Пикеринга, однако в литературе подобных исследований обнаружено не было.

Цель работы заключалась в изучении влияния источника хитина на характеристики выделяемых нанокристаллических хитинов и их способность стабилизировать полимерные микрочастицы при формовании из эмульсий Пикеринга. В работе использовали хитин из панцирей крабов производства "Комбио" (Россия) (НКХ-Р) и "Xiamen Fine Chemical" (Китай) (НКХ-К). НКХ из образцов хитина получали методом кислотного гидролиза; размер и морфологию наночастиц характеризовали методами атомно-силовой микроскопии (АСМ), динамическим лазерным светорассеянием и рентгеноструктурным анализом. Способность образцов НКХ стабилизировать эмульсии была исследована при формовании микрочастиц из поли(L,L-лактида) методом испарения растворителя из эмульсий Пикеринга типа "масло в воде". Микрочастицы получали по следующей методике: 6 мас. % раствор поли(L,L-лактида) в смеси CH_2Cl_2:ацетон (9:1) эмульгировали в дисперсионной среде, состоящей из 0.1-1 мас. % суспензий НКХ в воде. Также были получены микрочастицы с использованием водного раствора поливинилового

спирта (ПВС) в качестве дисперсионной среды. Полученные микрочастицы промывали водой, сушили лиофильно и проводили расчет распределения микрочастиц по размерам.

Согласно данным АСМ НКХ, выделенные из разных образцов хитина, характеризуются различными размерами: средняя длина нанокристаллов составляет 131 нм и 159 нм, а средний диаметр 93 нм и 64 нм для образцов, НКХ-Р и НКХ-К, соответственно. Таким образцом, НКХ-К более анизотропны, чем НКХ-Р. Использование водных дисперсий обоих типов НКХ в качестве дисперсионной среды позволило получить сферические микрочастицы с выходом, сопоставимым с выходом, получаемым при использовании ПВС в "водной" фазе. Исследование морфологии поверхности полученных микрочастиц методом сканирующей электронной микроскопии показало, что они обладают более гетерогенной поверхностью, чем микрочастицы, полученные при использовании раствора ПВС в водной фазе.

Автор выражает благодарность РФФИ (грант № 15-02-06233-а) за частичную финансовую поддержку; Субчевой Е.Н. за помощь в проведении атомно-силовой микроскопии; к.х.н. Истомину В.А. за помощь в получении НКХ.

Определение проектировочных переменных многоуровневой модели короткоармированного композита с использованием реверс-инжиниринга

Садыкова В.О., Спирина М.О.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Куркин Е.И.
Самарский университет, каф. КиПЛА
maryspirina@gmail.com

Короткоармированные полимерные композиционные материалы нашли широкое применение в самых разных отраслях промышленности. Внедрение подобных материалов зачастую позволяет находить новые, во многом уникальные технические решения, способствующие усовершенствованию конструктивно-технологического облика изделия. Целью работы является создание и верификация многоуровневой модели коротокоармированного композиционного материала на основе плоских образцов.

Определение проектировочных переменных многоуровневой модели композиционного материала проводилось путем обработки результатов испытаний с использованием реверс-инжиниринга. Оптимальные значения проектировочных переменных минимизируют разницу между аналитической моделью, разработанной в системе Digimat и экспериментальными данными. В основе реверс-инжениринга лежит оптимизационный алгоритм, в качестве исходных данных для которого служит многоуровневая модель материала Digimat-MF.

В работе проведено исследование механических характеристик короткоармированных композитов на основе полиэфирэфиркетона, армированного короткими угольными волокнами с содержанием 20% (PEEK 90HMF20) и 40% (PEEK 90HMF40). На основе результатов прочностных испытаний материала методом реверс-инжиниринга в системе Digimat построены многоуровневые модели материалов Victrex PEEK 90HMF20 и Victrex PEEK 90HMF40, позволяющие описать механические характеристики изготавливаемых изделий с учетом анизотропии материала и выбранных технологических параметров режима литья. Определены пути настройки модели реверс-инжиниринга в системе Digimat и методик экспериментального исследования образцов на растяжение для повышения точности моделирования структуры изготавливаемого материала. Оптимизированные свойства полимерной матрицы отличаются от свойств той же матрицы в исходном состоянии. Рассмотренный подход применим для эффективного решения задач по определению жесткости и оценке запаса прочности изделий из короткоармированных пластиков, изготавливаемых методом инжекционного литья.

Проведена верификация построенной модели конечно-элементным моделированием с целью проверки и подтверждения работоспособности построенной многоуровневой модели материала с точки зрения описания с ее помощью процесса деформирования реального изделия. Для достижения поставленной цели решается связанная задача на основе метода конечных элементов с использованием систем ANSYS,

DIGIMAT и Moldex3D. Создание численной модели, учитывающей особенность поведения материала, выполнялось с помощью системы DIGIMAT. С помощью модуля DIGIMAT MAP производится выборка и сохранение информации об ориентации волокон, располагающихся в месте вырезки образцов, что позволяет фактически смоделировать вырезку образца из пластины, полученной методом литья под давлением. Полученные с помощью многоуровневой модели кривые деформаций испытанных образцов сравнены с экспериментальными данными. Рассчитанные критерии разрушения близки к единице, что означает корректное предсказание несущей способности исследуемых образцов разработанной моделью анизотропного материала.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-31-60093 мол_а_дк.

Обзор методов минимизации остаточных напряжений в конструкциях из ПКМ

Зиновьев Я.В., Нагаев В.Ю.,Туев Д.В.,
Научный руководитель – к.т.н.Юргенсон С.А.
МАИ, каф. 101
1011505@mail.ru

В настоящее время значительно возросла доля применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) в авиационных конструкциях. В современных самолетах объем их использования составляет более 50 %, в том числе за счет их применения в особо ответственных конструкциях, к которым предъявляются повышенные требования в части подтверждения прочностных и эксплуатационных характеристик.

Как показывает практика для создания эффективных конструкций недостаточно иметь компоненты ПКМ с высокими удельными характеристиками, необходимо еще реализовать эти характеристики в готовых изделиях. В процессе изготовления в конструкции возникают остаточные напряжения, которые могут значительно снизить допустимые напряжения, в том числе привести к разрушению конструкции. В связи с этим необходимо применять мероприятия по снижению остаточных напряжений в конструкции и проводить их оценку при различных конструктивно-технических решениях. Практика изготовления конструкций из полимерных композиционных материалов показывает, что на остаточное напряженно-деформированное состояние влияют технологические факторы, например, изменение результирующей укладки. Такое изменение может коренным образом изменить остаточную деформацию изделия и свести на нет все усилия по его прогнозированию.

Для деталей, изготовленных из ПКМ, наиболее характерны и опасны остаточные напряжения, вызванные микро- и макро анизотропией термоупругих свойств материала. Волокнистый наполнитель и матрица ПКМ имеют отличающиеся друг от друга коэффициенты термического расширения, поэтому в процессе отверждения термореактивной матрицы и последующего охлаждения наполнителя, в ПКМ возникает сложное напряженное состояние.

Ввиду этого актуален вопрос минимизации остаточных напряжений и разработка методов их устранения на этапах технологической подготовки производства, проектирования детали и выборе укладки. В работе представлен обзор возможных методов оптимизации остаточных напряжений из открытых источников, а именно: поверхностная обработка частиц наполнителя, ступенчатое охлаждение отформованной детали, механическое воздействие на волокнистый наполнитель перед формованием детали, учет упруго-наследственных свойств композита, последующая свободная термообработка при температуре стеклования отвержденного материала, уменьшение тепловой деформации путем изменения температурных режимов при нагреве/охлаждения и др.

В результате анализа научно-технической литературы получено, что наиболее эффективными показали себя такие методы как: увеличение времени нагрева-остывания, замена в пакете однонаправленных слоев на тканые, а так же учет упруго-наследственных свойств композита.

Снижение температуры спекания керамических наполнителей для композиционных ленточных материалов

Уваренкова Ю.А.
Научный руководитель – к.т.н. Далингер Я.М.
СПбГУ ГА, каф. 16
froog88@mail.ru

В последние годы развитие глобальных радио и космической сетей связи вызвали повышенный интерес к новейшим многослойным технологиям, позволяющим объединить все пассивные компоненты в единую интегральную схему. Низкотемпературная керамика, нанесенная на пластиковую ленту или лист (Low Temperature Co-fired Ceramics, LTCC) – широко используется в различных отраслях техники. На основе LTCC-технологии выпускаются разнообразные модели и элементы с высокой степенью интеграции и минимальными размерами компонентов. Температура спекания ниже 1000°С позволяет применять в качестве проводников и волноводных элементов материалы с малым удельным сопротивлением и малыми потерями на высоких частотах, такие как золото, серебро, медь, вместо молибдена и вольфрама, которые используются в высокотемпературных технологиях.

Целью данной работы стал поиск снижения температуры спекания керамических наполнителей ниже 1000°С вместо 1350°С для обычной керамики.

Было использовано два способа снижения температуры:

– в первом способе для снижения температуры использовались стеклообразующие компоненты ZnO, SiO, B_2O_3, которые вводились в готовые порошки керамики магний-титанового ряда.

– второй способ заключался в подборе химических компонентов снижающих температуру спекания. Были исследованы материалы, содержащие в качестве базового состава оксиды Mg, Ca, Ti, для снижения температуры применялись оксиды Zr и Zn и дополнительные добавки оксидов Ni и Fe.

Для аттестации порошка изготавливались объёмные образцы в виде пластин 38×9×6 мм. Обжиг проводился при Т= 800–1000°С с двухчасовой выдержкой, после чего измерялась плотность – ρ, диэлектрическая проницаемость – ε', тангенс угла диэлектрических потерь – tgδε и коэффициент влагопоглощения – W% по стандартным методикам.

При введении в керамику магний-титанового ряда стеклообразующих компонентов получены низкотемпературные наполнители с диэлектрической проницаемостью – 7-20, тангенсом диэлектрических потерь менее $2 \cdot 10^{-3}$, влагопоглощением 0,05 % и максимальной температурой спекания 980°С.

При подборе химических компонентов выполнены исследования влияния химического состава и технологических факторов, направленных на снижение температуры обжига и получения улучшенных электрофизических свойств материалов. Получены низкотемпературные керамические порошки с меньшими диэлектрическими потерями (до $1{,}2 \cdot 10^{-3}$) при высокой плотности и минимальном водопоглощении при максимальной температуре спекания 950°С.

В процессе исследований было установлено, что второй способ имеет ряд преимуществ для технологии LTCC: снижение диэлектрических потерь и максимальной температуры спекания.

Изучение влияния факторов космического пространства на свойства клеевых соединений

Устинов А.А.
Научный руководитель – д.т.н. Козлов Н.А.
МАИ, каф. ТКМ,КиМ
ustinershovskiy@yandex.ru

При разработке долговременных космических конструкций и прогнозировании их ресурса важной является оценка долговечности входящих в них конструкционных материалов и соединений в условиях воздействия факторов космического пространства: глубокого вакуума, термоциклирования, жестких ионизирующих излучений, микрометеоритов, атомарного кислорода, собственной атмосферы вокруг космического аппарата, эксплуатационных нагрузок и др. Столь жесткие условия эксплуатации предъявляют особые требования к надежности и долговечности всех элементов космических систем, особенно к соединениям конструкционных материалов, т.к. основные силовые элементы конструкций должны служить весь срок эксплуатации, который уже достигает значительных величин: Станция Мир — функционировала в околоземном космическом пространстве с 20 февраля 1986 года по 23 марта 2001 года — около 15-ти лет, а эксплуатируемая в настоящее время МКС функционирует с 20 ноября 1998 года (с момента запуска Россией первого элемента МКС — функционально-грузового блока «Заря») - более 18-ти лет. Поэтому, в настоящее время, актуальным является вопрос об исследовании изменений структуры и свойств различных материалов при длительном воздействии на них ФКП.

В работе проанализированы результаты космического эксперимента, проводившегося на МКС. Исследовали три группы образцов клеевых соединений (КС) на основе трех типов клеев и двух типов пластин в различном сочетании: после 12 лет экспозиции в космических условиях, после 12 лет экспозиции в космических условиях и дооблучения электронным пучком, соответствующим экспозиции в течение 18 лет в космосе и после 12 лет хранения на Земле.

Для указанных образцов проведены исследования состава и структуры поверхностей материалов и поверхностей разрушения клеевых слоев (дисперсионной и полярной составляющих поверхностной энергии поверхности разрушения клеевых соединений, структуры и профиля поверхности разрушенного клеевого слоя, состава поверхности образцов и поверхностей разрушения клеевых слоев методами электронной Оже-спектроскопии и электронной спектроскопии для химического анализа (рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии)), объемных свойств образцов и клеевого слоя после разрушения (изотерм сорбции паров воды с помощью автоматических вакуумных сорбционных весов Мак-Бена, исследования методом дифференциальной сканирующей калориметрии и дилатометрические исследования). Для образцов КС были определены критические параметры трещиностойкости и скорость докритического роста трещин.

В результате анализа полученных данных установлено, что длительная экспозиция в космическом пространстве приводит к двум существенным изменениям состава и структуры объема клеевого слоя. Первое изменение связано с десорбцией летучих компонентов полимерной матрицы из объема клеевого слоя, о чем свидетельствуют результаты исследований поверхностной энергии поверхности разрушение и частотные зависимости их диэлектрических свойств. Второе существенное влияние экспозиция в космосе оказывает на температуру стеклования клеевого слоя, которая заметно увеличивается, что подтверждают результаты термомеханических и дилатометрических исследований и метод ДСК, очевидно, что увеличение температуры стеклования вызвано увеличением густоты полимерной сетки в результате воздействия ионизирующих излучений, и, как следствие, снижению критических параметров трещиностойкости КС.

Твердофазный синтез сополимера хитозана, содержащего привитые цепи аллилзамещенного производного олигоэтиленгликоля

Хавпачев М.А.
Научный руководитель – д.х.н. Акопова Т.А.
ИСПМ им. Н.С. Ениколопова
muxamed_hav@mail.ru

Современное биомедицинское материаловедение определяет для себя в качестве одного из стратегически важных направлений создание материалов и структур на основе биосовместимых и биорезорбируемых (постепенно растворяющихся в организме) полимеров. Наличие жестких требований к свойствам материалов существенно ограничивает ряд полимеров, которые могут быть использованы для получения трехмерных структур (матриксов), применяемых для восстановления поврежденных тканей в тканевой инженерии. Хитозан, его производные и сополимеры, могут быть успешно использованы для создания подобных структур за счет высокой клеточной аффинности (способности прилипать к клеткам того же типа) и способности к контролируемой биорезорбции.

Представлены результаты твердофазного метода получения сополимера хитозана, содержащего привитые цепи аллилзамещенного олигоэтиленгликоля, реакционной экструзией твердых смесей компонентов при одновременном воздействии высокого давления и сдвиговых напряжений, в двухшнековом экструдере при температуре – 5°С. Метод позволяет отказаться от использования растворителей и катализаторов процесса, не требует расплавления реакционных смесей и таким образом является удобным и эффективным способом целенаправленного химического модифицирования неплавких и малорастворимых полисахаридов.

В работе использовали хитозан с молекулярной массой 80 кДа и степенью деацетилирования 0.85. На одно звено хитозана брали 0.1, 0.2 и 0.3 моля олигомера. Оценку количества вошедших в структуру хитозана аллильных заместителей осуществляли по стандартной методике определения бромного числа по методу Кноппа. Установлено, что суммарная степень замещения функциональных групп хитозана аллилсодержащими фрагментами в полученных образцах составляет 10, 16 и 24 привитых цепей на 100 звеньев полимера соответственно.

Для оценки механических характеристик готовили пленки из 2%-ных формовочных растворов образцов в 2%-ной уксусной кислоте. Растворы полимеров фильтровали через мембрану с размером пор 0.45 мкм, расчетное количество для образования пленки толщиной 100 мкм выливали на пластиковую чашку Петри и сушили при комнатной температуре в беспылевом шкафу. Механические испытания проводили на универсальной разрывной машине AG-E (Shimadzu, Japan) при скорости деформирования 1 мм/мин. Перед проведением испытаний пленки из образцов сополимера выдерживали при постоянной влажности 66% над насыщенным раствором $NaNO_2$.

Исследования деформационно-прочностных характеристик пленок из немодифицированных образцов хитозана и образцов полученного на его основе сополимера показали, что включение в структуру хитозана привитых цепей олигомера приводит к росту прочности при разрыве с 37 до 50 МПа и существенному увеличению относительного удлинения. После обработки пленок под действием УФ-излучения наблюдается снижение их пластичности по сравнению с необлученными пленками.

Таким образом, полученные образцы сополимера перспективны для формирования трехмерных структур при фотоинициировании процесса пространственного сшивания в качестве материалов для тканевой инженерии и пригодны для структурирования растворов методами лазерной стереолитографии.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ: проект №15-02-06233.

Модификация поверхности полиимидных плёнок атмосферной СВЧ плазмой с целью улучшения адгезионных свойств

Халтурина А.А., Шиляев А.С.
Научный руководитель – д.т.н. Жуков А.А.
МАИ
khalturina_a@mail.ru

В настоящее время модифицирование поверхности полиимидных плёнок является необходимым технологическим процессом для изменения поверхностных свойств материала. Полимерные плёнки благодаря своим уникальным свойствам применяются во многих областях: от авиакосмических конструкций и электроники, до строительства и медицины. Но имеются важные недостатки полиимидных плёнок – это низкая адгезия, плохое смачивание и низкая прочность клеевого соединения с другими материалами.

Существуют различные методы модифицирования поверхности полиимидных пленок. Выбор метода определяется уровнем эффективности технологии и качеством конечной продукции. Вследствие чего происходит постепенный переход от химической модификации поверхности полиимидных плёнок агрессивными реагентами к плазменным методам, где активными компонентами плазмы являются свободные электроны и ионы.

В данной работе рассмотрены различные режимы модификации поверхности полиимидной плёнки атмосферной СВЧ плазмой с целью улучшению поверхностных контактных свойств, а также проведен выбор оптимального режима обработки. В работе использовался СВЧ генератор мощностью 350 Вт. Были выбраны различные режимы плазменной обработки поверхности полиимидной плёнки с изменением вида рабочего газа и его расхода, а также с изменением угла наклона плазмотрона над поверхностью образца. Объектом исследования служила полиимидная пленка марки ПМ 1. Изменение адгезии и смачивания поверхности исследовалось гониометрическим методом (установка типа УКУС). Оптической и электронной микроскопией оценивалось качество поверхности плёнок. Прочность клеевого соединения «фольга – полиимид» оценивалось методом механических испытаний электромеханической испытательной машиной TIME WDW-100E.

Исследование поверхности полимидных плёнок гониометрическим методом до и после обработки показало увеличение растекания капли в среднем на 77,5% при режиме наклона плазмотрона 45°, относительно поверхности пленки, что говорит о лучшей гидрофильности (смачивания) и увеличения адгезионных свойств поверхности ПМ плёнки после воздействия атмосферной СВЧ плазмы. Оптическая и электронная микроскопия показала уменьшение шероховатости и «сглаживание» поверхности образцов после плазменной обработки. Механические испытания на статическую прочность клеевого соединения «фольга - полиимид» показали увеличение прочности соединения на 12,1%. Полученные результаты подтверждают эффективность использования атмосферной СВЧ плазмы для модифицирования поверхности полиимидных плёнок и позволяют обоснованно подходить к выбору режимов при обработке материала.

Высокоэффективные технологии получения новых композиционных материалов на основе поливинилхлорида

Загидуллин А.Д., Чубуков А.И.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Аблясова А.Г.
КНИТУ-КАИ
Ajdar-zagidullin2011@yandex.ru

Технологии предусматривают разработку композиционных материалов с заранее определенным набором технических свойств, уровень и сочетание которых определяются функциональным назначением изделий и конкретными условиями их эксплуатации. Требования к композитным материалам чрезвычайно разнообразны и зависят от условий получения, обработки и эксплуатации продуктов, которые должны обладать высокой

надежностью, эффективностью, технологичностью, соответствовать критериям «экономичности» и экологичности.

Известно, что основным методом целенаправленной регуляции свойств полимеров является физико-химическая модификация. Однако резервы для снижения себестоимости продукции за счет выбора модификаторов полимерных композиций не слишком велики, поскольку большинство целевых добавок приобретается за рубежом. В этой связи важной задачей является решение проблемы дефицита и высокой стоимости исходных компонентов для производства полимерных материалов, снижение себестоимости сырья за счет совершенствования и оптимизации рецептуры композиционных материалов и режимов работы технологического оборудования. В этих условиях чрезвычайно важны исследования, направленные на поиск эффективных импортозамещающих компонентов полимерных материалов с высокими модифицирующими свойствами, доступностью, низкой стоимостью и экологической безопасностью.

Композиционные материалы на основе ПВХ используются исключительно в модифицированной форме и представляют собой многокомпонентные системы, содержащие различные целевые добавки для повышения прочностных характеристик, снижения вязкости расплавов, расширения температурных диапазонов применения, снижения стоимости изделий и придания им требуемых свойств. Эффективность модификации ПВХ определяется структурой матричного полимера, природой, числом, содержанием, соотношением и способами добавления добавок, физико-химическими процессами на поверхности раздела компонентов, по Режимные параметры обработки готовой продукции и другие факторы.

Для оптимизации технологических режимов обработки композиционных материалов используются новые математические модели, методы, алгоритмы и программы для расчета характеристик соответствующих процессов с учетом сложной формы и тепло- и гидродинамической обстановки в рабочих полостях технологического оборудования. Неньютоновское реологическое состояние рабочих сред, изменчивость концентрации и показатели дисперсных включений, действие полей массовых сил.

Список литературы:

1. Галимов Э.Р., Галимова Н.Я., Мухин А.М., Шарафутдинов Р.Ф. Процессы структурообразования и формирования свойств при модификации поливинилхлорида. - Казань: Отечество, 2014. – 161 с.

2. Composite materials based on polyvinylchloride / Galimov E.R., GalimovaN.Ya. // Journal of international scientific publications: Materials, Method and Technologies. Bulgaria, 2011. Vol.5, Part3. pp. 130-136

Физико-химические свойства фторуглеродных покрытий, сформированных ионно-плазменными методами при атмосферном давлении

Лямин А.Н., Шведов А.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Елинсон В.М.
МАИ, каф. РТН
seriousash@yandex.ru

Интенсивное развитие современных технологий, относящихся к аэрокосмическому комплексу, во многом определяется созданием новых материалов и методов их получения. Исследование характеристик фторуглеродных тонкоплёночных покрытий, имеющих широкий спектр защитных свойств (химическая инертность, термическая стойкость и высокие диэлектрические характеристики и тд.) показывают, что они могут оказаться оптимальным решением для модифицирования поверхностей различных изделий и деталей с целью придания им необходимых качеств. Среди множества методов модификации поверхностей наибольшее распространение получили ионно-плазменные методы в вакууме, однако в последнее время, всё больше работ посвящено исследованиям, связанных с использованием ионно-плазменных методов при атмосферном давлении. Целью данной работы было рассмотрение физических и

химических свойств фторуглеродных покрытий, полученных при помощи плазматрона низкотемпературной плазмы при атмосферном давлении.

Для нанесения фторуглеродных покрытий была использована экспериментальная установка, на основе низкочастотного (НЧ) плазматронаатмосферного давления мощностью до 100 Вт. Формирование покрытий проводилось при подаче в сопло плазматрона нескольких потоков газов: плазмообразующего гелия (He), транспортного тетрафторметана (CF_4)и плёнкообразующего циклогексана (C_6H_{12}). При этом фиксировались основные технологические параметры: расстояние плазматрон-подложка (от 15 – 27 мм), время нанесения (от 5 – 15 с), соотношения компонентов смеси плёнкообразующего и транспортного газа (10 – 13,5%) от суммарного объёма смеси и частотные характеристики дугового газового разряда (60 – 90 кГц). Нанесение производилось на монокристаллический кремний (Si) и полиэтилентерефталат (ПЭТФ).

Исследовано на влияние технологических параметров процессов нанесения на физические свойства сформированных покрытий. Было установлено, что скорость роста фторуглеродных покрытий линейно зависит от расстояния плазматрон-подложка и времени нанесения. По-видимому, это связано с увеличенным энерговкладом в газовый разряд между соплом плазматрона и заземлённой поверхностью, а так же увеличением диффузии частиц газа из плазменной струи в окружающую среду. Увеличение диаметра полученных покрытий слабо зависит от расстояния «плазматрон-подложка», но в большей степени эта зависимость проявляется при времени нанесения покрытия менее 10 с. Данная зависимость обусловлена особенностями горение дугового газового разряда в атмосфере и его распространением по поверхности подложки. Была экспериментально установлена резонансная частота газового разряда равная 70 кГц, при которой газовый разряд плазматрона достигал наибольшей интенсивности, а получаемые покрытия имели наибольшую толщину.

Химический состав полученных покрытий был исследован с помощью метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) прибором KratosAxisUltra DLD (KratosAnalyticalLimited, Великобритания). Было установлено соотношение концентраций углерода и фтора на поверхности исследованных образцов, которое варьировалось от 11,2 – 45,3 % в зависимости от технологических параметров процессов нанесения.

Были исследованы спектры поглощения фторуглеродных покрытий, а так же произведён расчёт их запрещённой зоны по методу Таунца, которая составила около 4,12 ± 0,025 эВ.

Структурные изменения при взрывном прессовании полиарилатфторопластовой композиции

Шайтанов Д.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Агафонова Г.В., профессор. д.т.н. Адаменко Н.А.
ВолгГТУ, каф. МВ
mvpol@vstu.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и Администрации Волгоградской области №15-43-02244

Перспективным наполнителем полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе фторопласта-4 (Ф-4) является высокотермостойкий жесткоцепной полиарилат (полиоксибензоил, ПА), обладающий высокой прочностью, износостойкостью и температурной эксплуатацией до 300^{o}C. Однако получение изделий из термостойких полимеров традиционными способами затруднено и требует внедрения новых способов переработки. Применение высокоэнергетического способа воздействия на порошковые материалы – технологии взрывного прессования (ВП), позволяет получать высокоплотные полимерные прессовки с новым уровнем свойств. При этом высокие давления и температуры, достигаемые при ВП обеспечивают протекание различных физико-химических процессов, что формирует структуру и, соответственно, свойства в ПКМ.

В ходе исследования было изучено влияние давления взрывного прессования на формирование микроструктуры и параметры кристаллической структуры композиции

50% Ф-4 и 50 % ПА. Взрывное прессование порошковой композиционной смеси осуществляли по плоской схеме нагружения скользящей ударной волной давлением 0,9 и 4,6 ГПа. Уровень воздействия изменяли путем применения различных взрывчатых веществ. Исследование структурных изменений после ВП проводили на образцах толщиной 3-5 мм методами микроструктурного и рентгеноструктурного (РСА).

Результаты РСА композиции показали, что не зависимо от интенсивности взрывного воздействия вид дифрактограмм отражает кристаллическую структуру смеси двух фаз. Однако увеличение давления ВП до 4,6 ГПа привело к снижению степени кристалличности χ с 60% до 45% и межслоевого расстояния характерного для неупорядоченных (аморфных) областей $C_{ам}$ с 4,2 до 3,1 нм, повышению дефектности кристаллической структуры как Ф-4, так и ПА в 1,5-1,8 раза. Причем при Р= 4,6 ГПа уширение рентгеновских линий у жесткоцепного ПА в большей степени обусловлено дроблением кристаллитов (D), а высокоэластичного Ф-4 – относительной деформацией кристаллической решетки ($\Delta d/d$). Такие изменения структуры обусловлены тем, что высокое давление 4,6 ГПа вызывает неоднородность сжатого состояния, приводит к интенсивной деформации полимера, вплоть до разрушения полимерной прессовки отраженной ударной волной и повышению дефектности структуры.

Микроструктурными исследованиями после ВП Р=4,6 ГПа выявлена значительная ориентация частиц Ф-4 и дробление ПА, что обусловлено интенсивной деформацией полимерных частиц по направлению ударного фронта.

Проведенные исследования показали, что после ВП давлением 0,9 ГПа ПКМ обладает наименьшей дефектностью структуры обоих компонентов ПА и Ф-4. Повышение давления до 4,6 ГПа вызывает неоднородность сжатого состояния, интенсивную деформацию полимерных частиц по направлению ударного фронта, что приводит к получению наиболее дефектной структуры с высоким уровнем напряжений.

Кинетика усадки эпоксинанокомпозитов на основе эпоксидных олигомеров и наночастиц различной формы и химической природы

Пыхтин А.А., Шоршин А.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Симонов-Емельянов И.Д.
МИТХТ, каф. ХиТППиПК
aleksey.shorshin@yandex.ru

В настоящее время возрос интерес к полимерным композиционным материалам (ПКМ) на основе эпоксидных олигомеров. Научные разработки и совершенствование технологических процессов направлены на поиски методов повышения их эксплуатационных свойств. Одним из видов ПКМ на основе олигомеров являются дисперсно-наполненные нанокомпозиты (ДННК), в которых матрицей является реактопласт, а в качестве второй фазы выступает ультрадисперсный нанонаполнитель, который может быть инертен по отношению к матрице или вступать с ней в реакции химического взаимодействия. Улучшение свойств эпоксидных олигомеров и материалов на их основе достигается путем изменения состава и фазовой структуры. Для этого используют различные модификаторы, разбавители и наполнители. При этом меняются и основа композиций, и модификаторы. ДННК находит свое применение в различных отраслях науки и техники. Их используют в строительной, автомобильной, мебельной, электротехнической, машиностроительной авиационной промышленностях. В качестве нанонаполнителей используют ультрадисперсные наночастицы, такие как углеродные нанотрубки, фуллерены, графены, астралены, бентониты, наносажи и т.д. В качестве объектов исследования были выбраны эпоксидный олигомер (ЭО) марки DER-330 (Dow Chemicals), углеродные нанотрубки (МУНТ) марок УФН А1 01т (ТУ 2166-001-13800624-2003), астралены типа «В» марки УФН А2 01а (ТУ 2166-001-13800624-2003) (ЗАО «Научно-технический центр прикладных нанотехнологий», г. Санкт- Петербург), белая сажа марки БС-50 (Компания «БСК», ГОСТ 18307-78). В качестве отвердителя был использован триэтилентетрамин (ТЭТА) фирмы «Dow Chemicals». Количество отвердителя было рассчитано из стехиометрического равенства эпоксидных и аминных

эквивалентов. Усадку нанокомпозитов определяли (режим отверждения 24 часа при 20 ^{o}C) по дилатометрической методике, разработанной на кафедре ХТПП и ПК Московского технологического университета (институт тонких химических технологий). Вследствие отверждения эпоксидного олигомера и формирования сетчатой молекулярной структуры эпоскиполимера происходит усадка и изменение Ван-дер-Ваальсовского объема и, как следствие, возникновение остаточных напряжений, которые снижают эксплуатационные (в первую очередь прочностные) характеристики изделий. Введение в эпоксидный олигомер марки DER-330 нанонаполнителей способствует снижению усадки эпоксинанокомпозитов при отверждении. Введение нанонаполнителей в количестве 0,005 – 0,2 об. %: приводит к снижению усадки эпоксинанокомпозита и при оптимальных концентрациях (для МУНТ - 0,025 об.%, Астралены - 0,1 об.%, БС-50 - 0,05 об.%) наблюдается минимум усадки (снижение на ~15-30 %). Это связано с адсорбцией на поверхности наночастиц эпоксидного олигомера, формированием разрыхленной структуры межфазных слоев и влиянием агрегации частиц в структуре нанокомпозита.

Данная работа выполнена в рамках инициативной темы № 55-365

Исследование влияния предварительной ионной обработки на адгезионные и механические свойства фторуглеродных наноструктур на поверхности полимеров

Щур П.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Елинсон В.М.
МАИ, каф. РТН
shur-pavel@mail.ru

Увеличение срока службы изделий из полимерных материалов, использующихся в политронике, медицине, биотехнологии, аэрокосмическом комплексе и т.п., является серьезной задачей. Одной из главных характеристик, ограничивающих применение полимерных материалов и устройств на их основе, является низкая стойкость к биодеструкции.

Наиболее целесообразным и экономически оправданным решением представленной задачи является создание барьерных слоев на поверхности полимерных материалов методами ионно-плазменной технологии. При этом для увеличения срока службы необходимым условием является сохранение механических характеристик (нанотвердости и модуля Юнга) полимеров после обработки.

Способность поверхности адгезировать микроорганизмы зависит от модификации поверхности. Большую роль при этом играет первичная обработка, приводящая к изменению рельефа поверхности, который при дальнейшем нанесении на поверхность фторуглеродной плёнки из двухкомпонентной газовой смеси CF_4 + C_6H_{12}, приводит к образованию области так называемых переходных процессов (от нанесения плёнки к её травлению). Фторуглеродные плёнки, сформированные при содержании CF_4 от 40% до 60% в газовой смеси, обладают рядом свойств, которые позволяют использовать их в качестве барьерных слоев для изделий из полимерных материалов. Такие пленки обладают антиадгезионными свойствами в отношении микробных клеток, обеспечивая отсутствие последующей биодеструкции поверхности.

Целью данной работы является исследование влияния условий предварительной обработки поверхности полимерных материалов ионами CF_4 и последующего нанесения фторуглеродного покрытия с различным содержанием CF_4 в газовой смеси на адгезионные и механические свойства полимерных материалов.

Формирование барьерных слоев проводилось на вакуумной установке, оснащенной двумя источниками ионов. На первом этапе производилась ионная обработка с помощью тетрафторметана (CF_4) в течение 20 и 30 минут. На втором этапе наносилась фторуглеродная плёнка с различным соотношением CF_4 и C_6H_{12} в газовой смеси. В качестве модельных полимеров были выбраны полистирол и тефлон. Для исследования адгезивных свойств в качестве микроорганизма-биодеструктора использовали *S. aureus*. Оценка структуры поверхности образцов проводилась в ионно-электронном сканирующем микроскопе Quanta 200 3D (FEI Company,USA). Нанотвёрдость и модуль Юнга

измерялись с помощью нанотвердомера Nanovea («Micro Photonics Inc.», США) по методике Оливера-Фарра.

Микроорганизмы *S. aureus* не адгезировались к поверхностям, подвергшимся более длительной обработке ионами CF_4. На исследуемых образцах при различной обработке и последующем нанесения фторуглеродной плёнки не обнаружены структуры, идентичные биоплёнке. Все значения модуля Юнга после предварительной обработки и дальнейшего нанесения фторуглеродного покрытия значительно превышают значения для необработанной поверхности полистирола, а значения нанотвердости практически не отличаются от значений для необработанного полистирола.

Секция «Технологические процессы и системы автоматизированного проектирования производственных процессов»

Применение гидропрессования (гидроэкструзии) и выдавливания в технологии изготовления заготовок лопаток ГТД

Аманова А.Ж.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Петров А.П.
МАИ, каф. «ТОМД»
a.d.amanova@mail.ru

Трудности пластической деформации заготовок из сплавов, используемых для изготовления лопаток ГТД, предопределили необходимость разработки и внедрения новых способов деформирования, обеспечивающих существенное снижение неравномерности деформации и повышение качества получаемых полуфабрикатов и стойкости инструмента. К числу таких способов обработки трудно деформируемых сплавов относится процесс гидроэкструзии или гидропрессования, что является практическим следствием важного вывода физики высоких давлений о том, что пластичность - это состояние материала, и при сочетании определенных физических условий (давления, температуры, скорости деформирования и др.) любой хрупкий материал можно перевести в пластическое состояние.

Существуют две основные разновидности процесса гидропрессования: гидростатическое прессование и гидродинамическое выдавливание. В первом случае, когда заготовка в контейнере не перемещается вообще или перемещается с незначительной скоростью (0-150 мм/с), жидкостной режим трения на поверхности заготовка-матрица обусловлен действием статического давления рабочей жидкости в контейнере. При гидродинамическом выдавливании, осуществляемом при скоростях деформирования 150—1000 мм/с, жидкостной режим трения в зоне деформации достигается благодаря гидродинамическому эффекту (скоростному напору) рабочей жидкости или смазывающей среды.

К настоящему времени при гидростатических давлениях до $3*10^3$ МПа осуществляют процессы выдавливания, волочения, прокатки, штамповки металлов, а также компактирования порошковых и монолитных материалов, часто совмещенное с дополнительной пластической деформацией.

Наличие в зоне деформации высокого гидростатического давления, отсутствие распрессовки заготовки в контейнере и жидкостной режим трения позволили получить гидропрессованием качественные полуфабрикаты из малопластичных сталей, магниевых, алюминиевых, титановых и других сплавов. Именно поэтому некоторые исследователи предпринимали попытки гидропрессования высокопрочных сталей, титановых, жаропрочных и тугоплавких сплавов с использованием в качестве рабочей среды различных жидкостей (минеральные и касторовое масла, керосин и др.).

Решение проблемы коренного совершенствования технологии изготовления заготовок лопаток ГТД предопределило необходимость разработки технологического процесса - горячего гидродинамического выдавливания, который, сочетает достоинства обычного выдавливания (получение заготовок под штамповку с регламентированным

профилем необходимой точности) и горячего гидропрессования (высокая стойкость матриц, снижение неравномерности деформации, хорошая проработка структуры).

Критериальная оценка усадочной пористости в отливках из магниевых сплавов

Амелин А.С.
Научный руководитель – д.т.н., проф. Смыков А.Ф.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
ameliniphone@mail.ru

При литье корпусных отливок из магниевых сплавов основным дефектом является усадочная пористость. Для её выявления на этапе проектирования технологического процесса литья часто применяют моделирующие программы, позволяющие получить визуальную картину распределения в отливке полей пористости. При превышении порогового значения величины пористости применяют технологические средства воздействия для устранения усадочных дефектов.

Для оценки величины усадочной пористости в отливке предлагается использовать новый безразмерный критерий $К_п$. Он получен на основе решения задачи по фильтрации расплава в двухфазной зоне. Расчетная формула для нахождения значения предлагаемого критерия $К_п$ включает: интервалы кристаллизации сплава, градиент температур в рассматриваемом участке фильтрации, локальное время затвердевание двухфазной зоны, а также эквивалентную температуропроводность сплава. Плотность по пористости в отливке считается допустимой, если величина критерия $К_п$ не превышает известного критического значения $(К_п)_{кр}$, которое зависит от применяемого сплава, способа литья и требований к литому изделию.

В рамках исследовательской работы с использованием компьютерного эксперимента были найдены критические значения $(К_п)_{кр}$ для литья корпусных отливок из магниевых сплавов МЛ5 и МЛ10 в кокиль, которые с учетом технических условий на их изготовление составили соответственно 25,6 для сплава МЛ5 и 25.9 - для МЛ10. Значения для критерия $(К_п)_{кр}$ получены в результате компьютерного моделирования процесса кристаллизации экспериментальных отливок из магниевых сплавов. В результате моделирования проводился анализ температурных полей и полей пористости на участках отливки и оценивалась кинетика образования процесса кристаллизации. Полученные данные сравнивались с процентным содержанием усадочной пористости в исследуемом участке отливки и строились зависимости, по которым определись пороговые значения критерия $(К_п)_{кр}$ для сплавов МЛ5 и МЛ10. С целью повышения достоверности пороговых значений оценочного критерия моделировалось несколько вариантов, отличающиеся условиями кристаллизации. Так, например, в одном варианте задавались условия направленного теплоотвода снизу вверх, что имитирует направленное затвердевания и получение отливки без усадочных дефектов, в других случаях теплообмен отливки осуществлялся со всех ее поверхностей, как без, так и с применением технологических средств воздействия. Полученные результаты анализировали и строились зависимости величин $(К_п)_{кр}$ и пористости.

Оценка по новому критерию опробована на реальных корпусных отливках из магниевых сплавов, подтвердила свою работоспособность и позволяет получать сведения о возможном образовании усадочной пористости в теле отливки из магниевого сплава на этапе проектирования, без применения дорогостоящих моделирующих программ.

Повышение корректности анализа
точности формы цилиндрических поверхностей детали

Балдин А.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Петухов С.Л.
МПУ
tomash@mospolytech.ru

Важным резервом повышения качества авиационной техники является стабильность получения заданной точности размеров и формы ответственных

поверхностей деталей, что может быть обеспечено своевременными и целенаправленными корректирующими воздействиями на технологическую систему. Эффективным путем решения этой задачи является переход от измеренной поверхности к ее адекватной математической модели.

Математическую модель номинально цилиндрической поверхности предлагается представить уравнением, позволяющим прогнозировать отклонение текущего радиус-вектора действительного размера реальной цилиндрической поверхности детали. Контроль поверхности предлагается проводить в узловых точках, имеющих заранее определенные осевые и угловые координаты.

Предлагаемая имитационная модель представляется в виде ортогональных полиномов включающих ортогональные многочлены Чебышева. Важное свойство ортогональных многочленов Чебышева заключается в том, что оценки коэффициентов в ряде разложенного по этим многочленам будут независимы и эффективны, т.е. рассчитаны с наименьшей дисперсией. Коэффициенты математической модели имеют определенный физический смысл и характеризуют отклонение формы как в продольном, так и в поперечном сечениях.

Так в продольном сечении это среднее отклонение текущего размера поверхности, конусообразность, бочкообразность или седлообразность и т. д. Таким образом, любой продольный профиль поверхности детали можно приближенно представить суммой параболических кривых и по значениям независимых коэффициентов судить о доле участия каждой элементарной погрешности в образовании конкретного продольного профиля.

Анализ отклонений формы поперечных сечений осуществляется на основе уравнения поперечного профиля и представляет собой отрезок ряда Фурье, при этом коэффициенты характеризуют среднее значение отклонения текущего значения, а также эксцентриситет, овальность, трехвершинную огранку с соответствующими фазовыми углами и т. д.

В работе представлен математический аппарат моделирования полученной цилиндрической поверхности полиномами Чебышева, дана геометрическая интерпретация членов математической модели реальной цилиндрической поверхность детали как сумма элементарных геометрически правильных погрешностей, а знание составляющих погрешностей, возникающих в результате воздействия технологических факторов, позволяет прогнозировать динамику изменения формы обрабатываемой поверхности во времени.

Моделирование в CAD/CAM-системе механообработки с рациональным распределением припусков

Белимов В.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Калачев О.Н.
ЯГТУ КИТМС
vbelimov@rambler.ru

Работа посвящена вопросам моделирования в CAD/CAM-системе CimatronE механообработки с рациональным распределением припускови её реализация на кафедральном станке с CNCController.

Выполнено углубленное изучение различных стратегий для выборки материала и исследование особенностей их применения на различных пространственных моделях. В качестве примера для отработки технологических решений выбрана 3D-модель логотипа кафедры КИ ТМС – «CAD» в овальном обрамлении.

Ставилась задача: обеспечить минимальное время обработки при наилучшем визуальном качестве поверхности после обработки. Для решения задачи предлагалось разделить выборку на два этапа: черновую – с удалением большей части напуска жёстким инструментом и режимом резания, и чистовую – фрезой минимального диаметра со щадящими режимами. В результате для созданной модели в CAM-модуле на этапе черновой обработки применена стратегия «*RoughParallel*» из раздела «VolumeMilling».

При этом во вкладке «*Geometry*» выбрана геометрия детали, которая содержит 127 элементов поверхности. Для чистовой – использована процедура «FinishMillAll», при этом геометрия контура детали аналогична черновой обработке. Следующимшагомявляетсяразобратьвсетраектории: VolumeMilling, SurfaceMilling, Remachine, Local Operations, Contour Milling, 2.5 Axes, Drill, Connection, Transformation.

В частности затрагивается работа с NC-шаблонами, их создание, сохранение и применения на параметрических деталях. Шаблоны NCпомогают сократить время путем применения к однотипным моделям различных размеров тождественную обработку созданную заранее, координируя необходимыми параметрами, такими как: FixedVerticalStep, SideStep, Stock. Для выбора шаблона в свою очередь стоит заранее определить надлежащий инструмент соизмеримый с параметрической моделью.

Оптимизация обработки достигалась путем корректировки траектории – удаление холостых перемещений по воздуху, а также – использование в качестве заготовки второго этапа остаточного материала черновой обработки. Сохранение заготовки выполнятся функцией «UpdateRemaining» в составе параметров первого, чистового этапа.

ВовкладкеNC-Utilites, выбравTemplate, возможно сохранить созданный шаблон, который в последующей обработке с измененными размерами детали допустимо применить к модели.

Полученные УП практически проверены на фрезерном станке с NC-системой Mach3, управляющей перемещениями по трем координатам и частотой вращения шпинделя, а также предоставляющей окно видеонаблюдения за процессом обработки.

В докладе подробно показаны «тонкие» особенности настройки CimatronE и Mach3, задание параметров заготовки после черновой выборки и результаты обработки различными инструментами – как плоских контуров, так и скругленных с рациональным распределением припусков. Рассмотрен принцип работы NC-шаблонов включающую в себя изменение моделей и инструмента.

Таким образом, методические материалы выполненной работы создаютусловия формирование компетенции готовности выпускника кафедры «Компьютерно-интегрированная технология машиностроения» к рациональному использованию возможностей современных станков с ЧПУ.

Морфологический анализ методов аддитивного производства

Беличенко С.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Юрин В.Н.
МАИ, каф. ТППДЛА
stasonete@gmail.com

Аддитивные технологии (АдТ) – перспективный метод производства, суть которого заключается в “выращивании” изделия по данным его геометрической модели путем послойного нанесении материала. Основные преимущества АдТ заключаются в снижении на порядок времени и стоимости освоения мелкосерийного производства; создании сложнопрофильных деталей с малым весом, в том числе из разнородных материалов [1].

Существует огромный массив публикаций по различным методам АдТ. Для систематизации и идентификации АдТ, следуя опыту работы [2], предложена морфологическая матрица АдТ (см. табл. 1), составленная по результатам анализа десятков отечественных и зарубежных публикаций. Здесь каждая из АдТ описывается в виде набора F параметров N_i этих технологий и значений L_j этих параметров.

Таблица 1. Морфологическая матрица аддитивных технологий

i/j	А	Б	В	Г	Д	Е
	Назначение изделия	*Состояние материала*	*Материал*	*Получение контура; массива*	*Фиксация слоя*	*Метод*
1	Визуализация	Жидкие	Термопластики	Выдавли-вание материала	Не требуется связующее	Экструзионный

2	Эксперимент	Сыпучие	Бумага	Механиче-ская вырезка	Требуется связующее (клей и др.)	Проволочный
3	Эксплуатация	Нитевидные, прутковые	Металлы и сплавы	Лазерная вырезка	Спекание лазером	Порошковый
4		Листовые, пленочные	Фотополимеры	Электро-лучевая вырезка	Тепловое спекание	Струйный
5		Прочие	Прочие	Опускание платформы на толщину слоя	Лазерная плавка	Ламинирование
6				Печать тепловой головкой	Фотополимериз ация	Полимеризация
7				Прочие	Прочие	Прочие

Данная морфологическая матрица АдТ, являясь инструментом морфологического анализа, помимо описания широкого круга известных АдТ может служить для поиска новых эффективных решений, описываемых разными сочетаниями значений L_j их параметров N_i.

Литература

1. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. – 220 с.

2. Юрин В.Н. Обеспечение качества станков при проектировании путем управления их тепловыми деформациями. Автореф. дисс. … д.т.н. – М.: Мосстанкин, 1993. – 36 с.

Разработка конструкции специального приспособления и технологии монтажа хвостового обтекателя фюзеляжа самолета

Беспрозванных К.Х., Ходунов А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Волхонский А.Е.
МАИ, каф. ТПЭЛА
besprozvannih.k@yandex.ru

Насущное требование уменьшения массы летательных аппаратов вызвало создание новой неразборной конструкции хвостового обтекателя самолета. В процессе его эксплуатации возникает необходимость снятия и последующей установки обтекателя обратно на место в связи с обслуживанием находящейся внутри антенны. Точность сопрягаемой при этом поверхности внешнего обвода изделий напрямую влияет на распределение аэродинамических сил в процессе полета. В связи с этим к взаимному расположению частей и агрегатов самолета предъявляются жесткие требования. Кроме этого положение обтекателя может изменяться из-за различной массы самолета, которая влияет на изменение высоты положения обтекателя.

Для упрощения конструкции оснастки, снижения ее трудоемкости и материалоемкости, повышения точности монтажа и решения указанных проблем разработано специальное приспособление. Приспособление представляет собой трубчатую конструкцию, состоящую из двух сварных рам, устанавливаемых последовательно вдоль вертикальной оси и обеспечивающее передвижение ее на поворотных обрезиненных колесах вдоль продольной оси самолета.

Нижняя рама установлена на самонаправляющихся колесах, для повышения удобства использования. Дополнительно были установлены четыре аутригера для повышения надежности, улучшения устойчивости и возможности точной регулировки по высоте, а также эксплуатации приспособления в полевых условиях.

Верхняя рама устанавливается при необходимости увеличения высоты конструкции. Закрепление производится на резьбовом соединении и направляющих. На верхней раме закреплена съемная каретка на роликах. На каретку установлен ложемент и зажимы для фиксации положения обтекателя в пространстве. Каретка с направляющими для движения роликов может устанавливаться на верхнюю или нижнюю раму посредством резьбового соединения. Обтекатель фиксируется на роликах, отодвигается,

сохраняя прямолинейное и параллельное движение относительно продольной оси самолета.

Приспособление сконструировано с учетом всех возможных положений обтекателя и эксплуатационных условий. Конструкция является модульной, что позволяет использовать ее для монтажа обтекателей на других самолетах. Разработанная конструкция и технология наземного обслуживания самолета позволяют производить сборку обтекателя непосредственно на фюзеляже летательного аппарата, упрощает сборочную оснастку и улучшает увязку деталей обтекателя с фюзеляжем, что обеспечивает высокое качество стыковки обтекателя с фюзеляжем самолета.

Влияние условий обработки на скорость эвакуации продуктов разрушения материала при алмазно-ультразвуковом сверлении

Бондаренко И.С.
Научный руководитель – профессор, к.т.н.Шандров Б.В.
МПУ, каф. ТиОМ
LatkovaI@yandex.ru

Ультразвуковая размерная обработка(УЗРО) получила широкое распространение в разных отраслях машиностроительного производства. Процесс УРЗО позволяет обрабатывать детали из твердых и хрупких материалов с высокой точностью и качеством поверхностного слоя.

Одним часто применяемых методов УЗРО является алмазно-ультразвуковое сверление отверстий.

В процессе обработки отверстий встает вопрос об эвакуации продуктов из зоны резания. Частицы материала изделия и инструмента, оставшиеся в отверстии, затрудняют процесс разрушения материала, а со временем и вовсе останавливают его.

Для решения этой проблемы был проведен эксперимент по определению влияния параметров режима на скорость эвакуации продуктов разрушения материала.

В предварительно просверленное отверстие глубиной 5мм и диаметром 4,3мм в заготовке из кварцевого стекла засыпался порошок карбида кремния зернистостью 60 и 80мкм. Алмазный инструмент подавался в отверстие при четырех режимах обработки (таблица 1). При этом измерялось время, за которое инструмент достигнет дна отверстия.

На основе полученных данных была составлена таблица зависимости скорости удаления продуктов от величины зазора между инструментом и заготовкой при различных условиях эвакуации.

Из проведенного эксперимента следует, что чем больше величина зазора и меньше зернистость порошка, тем выше скорость удаления продуктов. И максимальное значение скорости достигается при режиме совмещения вращения инструмента с наложением УЗ колебаний.

Таблица 1. Условия эвакуации порошка, время и средняя скорость эвакуации при различных зазорах

Измеренные величины	Условия эвакуации порошка из отверстия											
	Статическая нагрузка 20Н			УЗ колебания инструмента			Вращение инструмента			УЗ колебания с вращением инструмента		
	Зернистость порошка 60 мкм											
	Боковой зазор, мкм на сторону											
	50	150	500	50	150	500	50	150	500	50	150	500
t, с	8580	2500	10	22	8	1,5	20	4,5	1,3	2	2,5	1
V, $\frac{мм}{мин}$	0,035	0,12	30	13,6	37,5	200	15	66,67	230,8	150	180	300
	Зернистость порошка 80 мкм											
t, с	600000	37500	6000	139	18	2,5	51	8	2,6	3,6	2,6	1,5
V, $\frac{мм}{мин}$	0,0005	0,008	0,05	2,16	16,7	120	5,9	37,4	117,1	83	116	200
Условия обработки: амплитуда колебаний – 10 мкм, частота колебаний – 20 кГц, частота вращения инструмента – 3000 $мин^{-1}$												

Применение математического моделирования и планирования эксперимента для разработки процесса штамповки бездефектных оребренных панелей

Борунова Т.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Палтиевич А.Р.
МАИ, каф. ТОМД
tomd@mati.ru

Оребренные панели получили широкое распространение в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники. Они применяются как элементы конструкций топливных баков, крыла самолета и др. Такие детали относят к деталям ответственного назначения, соответственно, к их качеству предъявляются повышенные требования.

При производстве оребренных панелей методами штамповки характерно наличие в готовом изделии дефектов в виде зажимов и утяжин. Появление подобных дефектов напрямую связано с характером течения металла при формировании ребра панели. В ранее проведенных исследованиях установлено, что наличие дефектов в готовом изделии находится в определенной зависимости от начальной толщины заготовки и таких параметров технологического процесса как температура и скорость штамповки. Эта зависимость индивидуальна для каждого типоразмера оребренных панелей

Для установления такой зависимости в производственных условиях требуются большие затраты ресурсов предприятия, в то время как партия может быть сколь угодно малой, и проведение комплекса исследований становится невыгодным для производителя. Поэтому для выявления зависимости между характером пластического течения, определяющего наличие или отсутствие дефектов в готовом изделии, и параметрами технологического процесса удобно использовать средства математического моделирования и методы планирования эксперимента.

Целью исследования является получение бездефектной панели с продольно-поперечным оребрением методом изотермической штамповки из алюминиевого сплава 01420 с высотой ребер 5 мм, шириной - 1,75 мм, шагом - 7,5 мм и толщиной основания 1 мм. Для нахождения искомой зависимости проводился активный эксперимент с помощью центрального композиционного плана. Данный метод предполагает проведение трех серий опытов. Первая серия опытов проводится по плану 2^k, вторая – в центре эксперимента, третья в равноудаленных по осям точках $\pm\alpha$, так называемых «звездных плечах». Установлено, что для данного трехфакторного эксперимента достаточным будет проведение 15 опытов с заменой управляющих параметров технологического процесса. В качестве программной среды математического моделирования использовался конечно-элементный вычислительный комплекс QForm.

По итогам математического моделирования определены значения глубины утяжины для всех трех серий экспериментов. Построены графические и табличные зависимости, на основе которых получен аппроксимирующий полином, показавший хорошую сходимость значений функции, полученных экспериментальным и расчетным путем в одних и тех же точках факторного пространства. Дальнейшее проведение дисперсионного анализа позволило оценить степень индивидуального и совместного влияния входных параметров на выходную функцию, и в дальнейшем упростить аппроксимирующий полином, исключив из него параметры, которые оказывают малое либо нулевое влияние.

В заключении стоит отметить, что грамотное использование методов математического планирования эксперимента позволяет получить требуемый результат, минимизируя достаточное количество опытов. Применение математического моделирования позволяет провести комплексное исследование, не затрачивая при этом значительного количества производственных и временных ресурсов. Совместное использование математического моделирования и планирования эксперимента позволяет эффективно и быстро решать задачи оптимизации управляющих параметров технологического процесс

Высокотермостойкие керамические материалы в литье по выплавляемым моделям

Васильков А.А., Михеев Д.Э.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Варфоломеев М.С.
МАИ, каф. ТСАПМП
castingtlp@mati.ru

Одним из методов точного литья в авиастроении является литье по выплавляемым моделям (ЛВМ), которое позволяет в ряде случаев получать отливки, приближенные к готовым деталям, не требующие дополнительной обработки, что соответственно снижает расход металла и энергоресурсы.

На сегодняшний день рабочая температура современных жаропрочных сплавов на основе никеля достигла своего максимума (1100-1150°С), а, следовательно, актуальны исследования в области разработки высокожаростойких сплавов. Весьма перспективными материалами в газотурбинном двигателе (ГТД) являются литейные сплавы на основе ниобия и интерметаллидные титановые сплавы. Так, рабочая температура высокожаростойких ниобиевых сплавов достигает 1300^{o}С, что соответственно позволяет существенно увеличить рабочие характеристики ГТД. Однако, для плавки и литья химически активных сплавов на основе ниобия и титана следует использовать новые наиболее огнеупорные, термо- и химически стойкие керамические материалы.

В настоящее время перспективным направлением развития керамических материалов (тиглей, стержней, оболочек), предназначенных для изготовления высокожаропрочных литых изделий авиационных двигателей методом литья по выплавляемым моделям, является создание высокотермостойкой керамики на основе бескремнеземных связующих и тугоплавких оксидов. К таким оксидам относят: оксид иттрия (Y_2O_3), диоксид циркония (ZrO_2), оксид алюминия (α-Al_2O_3).

В ГНЦ ГНИИХТЭОС на основе органических соединений разработано спиртовое алюмоорганическое связующее, модифицированное различными тугоплавкими металлами (иттрием, хромом, цирконием). Специалистами нашего института разработана технология изготовления высокотермостойких керамических материалов (тиглей, форм) на основе модифицированного бескремнеземного связующего и тугоплавких оксидов для плавки и литья изделий авиационного двигателя.

Применение современных высокотермостойких керамических материалов на основе тугоплавких оксидов и бескремнезёмного связующего позволяет повысить огнеупорность плавильных тиглей и керамических форм, а также качество отливок, получаемых в них. Например, применение керамических материалов на основе тугоплавких оксидов и диоксида кремния (от связующего) для новых сплавов не целесообразно, так как новые требования слишком высоки, а существующие керамические материалы не удовлетворяют им. Так, диоксид кремния, при высоких температурах, активно взаимодействует с поверхностным слоем отливок, ухудшая их эксплуатационные свойства. Даже при использовании нынешних жаропрочных никелевых сплавов, в условиях повышенных температур, наблюдается взаимодействие SiO_2 с отливкой. Для исправления дефектов требуется различная обработка, однако не для каждой детали в литейном производстве это возможно, что в очередной раз доказывает актуальность новых разработок в данной области.

Создав для литейного производства керамику нового поколения, в авиастроении открываются большие возможности по изготовлению новых двигателей и деталей из высокожаропрочных сплавов. Добившись более высокой рабочей температуры, двигатели смогут развивать большую тягу и скорость.

Реорганизация и проектирование участков цеха ОМД для изготовления деталей фото- и электрохимических источников питания

Васимова И.Н.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Жаров М.В.
МАИ каф. ТОМД
tomd@mati.ru

В современной России промышленные предприятия, производящие продукцию в цехах, организация которых не изменялась с советского периода, являются очень распространенным явлением. Оборудование, инструменты и оснастка с течением прогресса изменяются и дополняются, исходя из этого необходимо реструктурировать пространства и расположение цехов. Грамотная реорганизация цеха, с учетом имеющихся на сегодняшний день ресурсов, позволяет существенно повысить эффективность взаимодействия подразделений, оптимизировать затраты и время на выполнение конкретных операций.

Целью данной работы является создание идеальной модели и, на её основе, реорганизация существующего цеха листовой штамповки в многофункциональный цех механической обработки, на предприятии АО «НПП «Квант». Данное предприятие специализируется на выпуске мелких деталей в условиях среднесерийного производства для изготовления фото- и электрохимических источников питания, применяемых в космических летательных аппаратах. Технологии изготовления изделий за последние десятилетия существенно изменились, тогда как расположение оборудования и подсобных помещений осталось тем же, что и при основании предприятия. В рассматриваемом цехе предусмотрены этапы производства 10 изделий со схожими маршрутными картами. В период 2000-2016 г. наблюдалось падение эффективности выпуска изделий, что привело к высоким срокам выполнения и ухудшению качества продукции.

В разработанном цехе предусмотрено функционирование следующих участков: токарного, прессового, слесарного, фрезерного, сварочного участков и участка автоматов. Сварочный участок необходим для осуществления операций точечной контактной сварки, а фрезерный и слесарный участки являются результатом присоединения к цеху участка механической обработки, который ранее располагался в другом помещении и относился к сборочному цеху, что в настоящий момент не соответствует маршрутным картам выпускаемых изделий. Помимо рабочих участков предусмотрены подсобные помещения, такие как архив, складские, ремонтные помещения, отделы комплектации, экономики и ОТК, увеличено количество площади технологического бюро цеха.

На этапе оптимизации работы цеха были проведены основные расчеты по вычислению необходимого количества оборудования, определению количества станкочасов на годовую программу выпуска, определение общей численности рабочего состава и общей площади необходимых производственных помещений. Исходя из полученных данных было принято решение об объединении участков штамповки и механической обработки для рационального использования пустующего пространства.

В ходе работы составлен проект цеха ОМД общей площадью 1317 $м^2$ рассчитанный на более 100 единиц оборудования. Для экономии пространства предусмотрена антресоль, которая выполняет роль 2-го этажа и служит для расположения технологического бюро. Общая высота потолков 5,2 м.

Эффективность проведенной работы заключается в уменьшении финансовых и временных затрат на транспортировку деталей между участками, в снижении простоя оборудования за счёт создания удобных проходов и реорганизации подсобных помещений. Составлен план-предложение по замене устаревшего оборудования на современные станки с ЧПУ-управлением, что позволит автоматизировать ряд энергоемких процессов. Проведено моделирование работы участков цеха в программной среде AnyLogic.

Изучение возможности управления структурой и свойствами сварного шва конструкций из низкоуглеродистых сталей

Ведер Б.Р.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Степанов В.В.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
vbr1995@yandex.ru

Развитие современных летательных аппаратов приводит к необходимости получения сварных конструкций, обладающих высоким комплексом механических свойств. Однако, для ряда конструкций ответственного назначения, работающих в жёстких эксплуатационных условиях, обеспечить заданные прочностные и пластические свойства оказывается затруднительным. Так, например, при изготовлении сварных конструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей актуальной проблемой является существенное снижение ударной вязкости металла шва, что затрудняет их использование в изделиях, работающих в условиях вибрации и при воздействии циклических нагрузок. Это связано с тем, что при воздействии высоких динамических нагрузок в малопластичной зоне сварного металла шва возможно образование усталостных трещин и, как правило, ведут к разрушению сварного соединения. Поэтому для повышения эксплуатационных характеристик сварных соединений из данных материалов необходимо обеспечить пластичную структуру зоны металла шва.

В работе на примере сварки корпуса из низкоуглеродистой стали 20 были рассмотрены основные технологические и металлургические способы повышения пластичности сварных соединений, такие как: проведение термообработки сварного соединения, периодическое силовое и тепловое воздействие на расплав металла, легирование металла шва элементами, формирующими более пластичную структуру и т.д.

Анализ рассмотренных способов показал, что большая часть технологических способов воздействия на расплавленный металл сварочной ванны сложна с точки зрения реализации и в ряде случаев накладывает ограничение на толщину свариваемого металла. Поэтому наиболее предпочтительно использовать металлургические способы управления структурой металла за счёт легирования металла шва через присадочный металл или вспомогательные материалы.

Исходя из наиболее широкого применения, для изготовления образцов был выбран способ легирования через присадочную проволоку. С использованием диаграммы Шеффлера был произведён анализ структуры сварного соединения, получаемого при использовании присадочной проволоки состава, близкого к основному материалу. И с учётом доли участия присадка, было определено, что для повышения пластичности необходимо использовать проволоку аустенитно-ферритного состава, что приведёт к формированию в сварном соединении структуры аустенит + феррит + мартенсит.

На основании этого для сварки образцов из стали 20 была выбрана наиболее широко применяемая сварочная проволока марки св06Х19Н9Т. Оценка пластических свойств производилась на образцах, получаемых аргоно-дуговой сваркой с использованием выбранного присадочного материала и проволоки 09Г2С, близкой по химическому составу к основному металлу. В результате анализа полученных значений было установлено повышение пластичности сварных соединений, выполненных проволокой св06Х19Н9Т, по сравнению с образцами, выполненными проволокой 09Г2С.

Анализ технического состояния ответственных деталей ГТД с использованием комбинированных методов

Витковский Е.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Лепешкин А.Р.
МАИ, Институт №2, каф. ТППДЛА
Jaek7795@ya.ru

Основной целью технического диагностирования авиационного газотурбинного двигателя (ГТД) является создание эффективной организации процессов оценки его

технического состояния. Быстрое определение неисправностей в авиационных ГТД с использованием комбинированных методов контроля необходимо для обеспечения безопасности полетов и для уменьшения времени простоя самолета, что повышает его экономичность.

Анализ технического состояния комбинированными методами представляет собой сбор и оценку информации о деталях одновременно несколькими способами диагностики (методами неразрушающего контроля). Комбинированные методы неразрушающего контроля позволяют наиболее полно провести анализ технического состояния ответственных деталей ГТД (дисков, лопаток и др.) как в условиях эксплуатации, так и при воспроизведении повреждаемости деталей ГТД в ускоренных испытаниях.

В данной работе рассмотрены возможности комбинированных методов, которые включают в себя, например, одновременное применение визуально-оптического контроля и вихретокового контроля, оптического и ультразвукового контроля. Визуальный контроль является наиболее распространенным методом определения технического состояния разнообразных объектов и выполняется до применения других методов контроля. При этом выявляют вмятины, забоины, риски, следы коррозии, крупные трещины и другие дефекты конструкций эксплуатационного происхождения. Однако ограниченные возможности визуального контроля привели к совместному использованию оптических приборов, позволяющими увеличить эффективность осмотра. Такой комбинированный метод, сочетающий визуальный контроль с использованием оптического оборудования, называют визуально-оптическим. При использовании эндоскопов выявляют разнообразные дефекты, на внутренних поверхностях конструкций, например, в проточной части ГТД, недоступных для непосредственного наблюдения. Однако применение оптических методов контроля ограничено точностью используемого оборудования и возможностью обследования только поверхностных дефектов материалов и изделий.

С помощью комбинированнного метода контроля (визуально-оптического и токовихревого) значительно расширяется анализ технического состояния ответственных деталей ГТД, т.к. вихретоковый контроль позволяет дополнительно обнаружить дефекты типа несплошностей, выходящих на поверхность или залегающих на небольшой глубине, а также разнообразные трещины, расслоения, закаты, плены, раковины, неметаллические включения.

Обнаружение усталостных трещин и дефектов на поверхностях дисков и лопаток со сложными переходами является актуальной задачей. Контроль проводится на собранном двигателе. Поэтому необходимо применять специальное приспособление с удлиненным наконечником, в котором устанавливается специализированный комбинированный датчик (видеоэндоскоп с подсветкой и токовихревой датчик). Доступ к деталям осуществляется через специальный лючок в корпусе двигателя. С использованием комбинированных методов повышается эффективность и точность анализа технического состояния ответственных деталей ГТД при сокращении времени контроля в условиях эксплуатации.

Сравнение свойств деталей из сплавов на основе Al-Si, полученными методами фасонного литья и селективного лазерного плавления

Власенко А.Н., Догадкин Н.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Конкевич В.Ю.
МАИ, каф. ТиСАПРМП
d.nikita_lider@mail.ru

В настоящее время наименьшее внимание в аддитивном производстве, относительно других материалов, уделяют алюминиевым сплавам, так как стоимость деталей из них сравнительно невысока, а затраты на аддитивное производство переводят их в другую ценовую категорию. Таким образом, на первый взгляд, довольно трудно подобрать детали из алюминиевых сплавов, изготовление которых оправдывало бы затраты на аддитивное производство в том случае, если бы не удавалось достичь

существенного повышения их физико-механических характеристик по сравнению с традиционной технологией.

Среди литейных алюминиевых сплавов наиболее широко в промышленности применяются сплавы на основе системы Al-Si. Эти сплавы имеют относительно низкую прочность, однако технологичны и дешевы в производстве.

Сравнительное исследование свойств деталей из сплавов на основе системы Al-Si, полученных по аддитивной технологии и по обычной литейной технологии представляет интерес тем, что для аддитивной технологии, конкретно, например, для технологии SLM, характерно прохождение процесса в условиях быстрой скорости охлаждения при кристаллизации. Такие условия чрезвычайно благоприятны именно для алюминиевых сплавов, поскольку способствуют увеличению растворимости в твердом растворе, измельчению структуры и изменению морфологии избыточных фаз. Соответственно эти эффекты быстрой кристаллизации должны способствовать улучшению свойств деталей из силуминов - измельчению эвтектики α+Si, ее сфероидезации и др.

В результате изготовления образцов 3d печати методом SLM из порошка сплава AlSi10Mg удалось получить очень высокие, для данного состава сплава, прочностные показатели $\sigma_в$~450МПа. Анализ микроструктуры показал, что 3d образцы характеризуются дисперсной структурой с ультрадисперсной кремниевой эвтектикой, дендритами α-твердого раствора на основе алюминия с растворенным магнием. Учитывая, что объемная доля эвтектической фазы значительно меньше, чем это должно соответствовать близкому к эвтектическому составу сплава AlSi10Mg, можно предположить, что в процессе аддитивного производства в результате перегрева лазером и сверхбыстрой кристаллизации, произошло существенное растворение кремния в твердом растворе.

Структура отливок из сплава AlSi10Mg, полученных литьем в кокиль имеет значительно большую объемную долю эвтектики α+Si, наблюдаются, также, эвтектические фазы Mg_2Si, имеющие морфологию похожую на китайские иероглифы. Структура эвтектики гораздо более грубая и, соответственно, уровень прочностных свойств отливок существенно меньше, чем 3d деталей. В зависимости от толщины стенки отливок, и соответственно дисперсности структуры, уровень прочностных свойств составляет $\sigma_в$~180-300 МПа.

Дальнейшее повышение прочностных свойств алюминиевых деталей, полученных методом SLM, возможно за счет дополнительного легирования переходными металлами (Ni, Co, Zr, Ti, V и др), которые при высокой скорости охлаждения при кристаллизации образуют дисперсные фазы или аномально пересыщенный твердый раствор.

Выявление степени влияния показателей качества поверхностного слоя на интенсивность износа сухой пары трения из жаропрочных материалов

Вороничева И.А.
Научный руководитель – Мартынюк А.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
ir4ik—1994@mail.ru

В работе рассматривается пара трения шток – втулка из нержавеющей, коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т. В процессе эксплуатации под действием нагрузки происходит поступательное движение штока. Так как пара трения шток-втулка работает без смазки, то за счет сухого трения происходит износ узла, что приводит к нестабильной работе или заклиниванию и выходу из строя узла. Исходя из этого, можно выделить одно из направлений обеспечения качества механизма – повышение износостойкости втулки.

Повысить износостойкость узла можно путем изменения параметров качества поверхностного слоя втулки. Основными параметрами, на прямую влияющими на износ узла, являются шероховатость и микротвердость поверхности. При одних и тех же режимах испытания на износ эти параметры будут влиять по-разному на износостойкость узлов трения.

На первичный износ сопряженных деталей влияют не только форма и высота микронеровностей, но и их расположение относительно направления скольжения, т.к. на процесс приработки пары трения без смазки существенное влияние оказывают деформационные процессы на контактных поверхностях.

Твердость поверхностных слоев деталей повышает износостойкость и усталостную прочность. Косвенными показателями качества поверхностного слоя, снижающих износ сухой пары трения являются: среднее контактное давление при алмазном выглаживании (АВ) и условная площадь контакта инструмента с материалом.

Среднее контактное давление при АВ это значение силы, которая прикладывается к алмазному инструменту и распределяется по поверхности, ограниченной площадью контакта. Для определения этого показателя используется значение условной площади контакта инструмента с материалом, т.е. площадь по которой осуществляется контакт алмазного сферического индентора и испытываемого материала. Чем больше площадь по которой осуществляется контакт индентора с материалом, тем меньше контактное давление при одинаковой нагрузке. Зная значение данного показателя можно вывести зависимость твердости от удельного давления при АВ, при которой будет видно, что с увеличением среднего контактного давления твердость материала сначала растет, затем снижается, что не благоприятно скажется впоследствии на работу пары трения.

В работе проводится эксперимент на износ тонкостенного материала 12Х18Н10Т, ранее выглаженного разными радиусом и силой выглаживания, с помощью малогабаритной установки, осуществляющей изнашивание испытываемой поверхности сферическим индентором при его возвратно-поступательном движении. Оценку величины линейного износа производят по ширине следа приработки, образующемуся в результате изнашивания. На основании полученных данных изучается зависимость ширины следа приработки от удельного давления при АВ, количества циклов нагружения и микрорельефа поверхности.

Основным направлением исследования является выявление влияния прямых и косвенных показателей качества поверхностного слоя на износ пары трения. По результатам проведенных исследований производится выбор оптимального режима алмазного выглаживания.

Комплексная оценка качества соединений алюминиевых заготовок большого сечения, полученных при помощи контактной стыковой сварки оплавлением

Вуколов П.Ю.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Фролов В.А., проф., д.т.н. Меньшиков Г.А.
МАИ, каф. ТиСАПРМП
vukolov154@yandex.ru

Контактная стыковая сварка оплавлением (КССО) является надежным и высокопроизводительным процессом, позволяющим получать соединения, близкие по механическим свойствам к основному металлу. Это обусловило ее применение в различных отраслях промышленности, в том числе в ракетостроении. С помощью КССО из прессованных профилей большого компактного сечения изготавливают кольцевые заготовки силовых шпангоутов, колец, переходных колец из алюминиевых сплавов, входящих в состав корпуса летательного аппарата. Кольцевая заготовка включает в себя до 3 сварных швов.

Используемые в производстве методы неразрушающего контроля не обеспечивают полное выявление в сварных соединениях КССО кольцевых заготовок шпангоутов плоскостных дефектов, в частности включений оксидных плёнок (ВОП) – наиболее распространенного дефекта. При этом возможна как перебраковка, так и допуск дефектных соединений в сборку.

Целью данной работы была комплексная оценки качества соединений КССО алюминиевых заготовок большого компактного сечения и, по возможности, разработка методики ее проведения для дальнейшего внедрения в производство.

В ходе проведенных работ методом КССО было сварено 2 образца технологической пробы профиля 401025 (площадь сечения $S_{сеч}$=18 700 мм^2). Из них изготовили 60 образцов (10 х 20 х 200 мм) для проведения визуально-измерительного (ВИК), рентгенографического (РК), ультразвукового контроля (УЗК) и последующих механических испытаний. В качестве критерия для оценки качества соединений была принята их прочность $\sigma'_в$ (минимальное значение согласно нормативной документации 256 МПа).

Сравнение результатов неразрушающего контроля с данными механических испытаний показало, что прочность образцов, не имевших замечаний по ВИК и РК полностью соответствовала требованиям нормативной документации (минимальное значение $\sigma'_в$ 300 МПа). В случае отклонения шва от вертикальной оси и отсутствия замечаний по РК наблюдалось некоторое снижение прочности (минимальное значение $\sigma'_в$ составило 285 МПа).

Часть образцов, с оплавленными участками в стыках, имели $\sigma'_в$ менее 256 МПа. Изучение изломов данной группы образцов показало, что все они содержат в себе ВОП различной площади, не обнаруживаемых при помощи РК. Сопоставление изломов соединений с результатами применения УЗК (использованный прибор – Phasor XS) показало, что его достоверность при обнаружении ВОП составляет 0,63.

По результатам проведенных работ можно рекомендовать применение УЗК как дополнительного метода контроля соединений КССО алюминиевых заготовок в спорных случаях (при наличии в стыке оплавленных участков). Для повышения его достоверности и уточнения методики проведения рекомендуется дальнейший набор статистики.

Анализ и совершенствование методики расчета корпусов ГТД на непробиваемость

Голиков В.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Лепешкин А.Р.
МАИ, каф. ТППДЛА
vladimir.golikov94@gmail.com

При проектировании и разработке технологии проведения испытаний газотурбинных двигателей (ГТД) и их узлов рассматриваются вопросы непробиваемости корпусов при обрыве лопаток. Одной из наиболее часто повторяющихся опасных аварийных ситуаций, которые могут привести к катастрофическим последствиям, является обрыв лопаток роторов авиационных ГТД. В случае недостаточной прочности корпуса двигателя оторвавшаяся лопатка может повредить ЛА и вызвать катастрофу. По нормативным документам двигатели с недостаточной прочностью корпуса к эксплуатации не допускаются. При сертификационных испытаниях корпуса ГТД на непробиваемость обязательно проводится проверка прочности корпуса при обрыве рабочей лопатки вентилятора ГТД, которая имеет максимальную массу по сравнению с другими лопатками ГТД.

Нормативные технические документы содержат требование об обязательной локализации в корпусах авиационных двигателей фрагментов, возникающих при разрушениях рабочих лопаток ГТД. Для расчета непробиваемости корпуса ГТД используются сложные трудоемкие методики расчета с использованием метода конечных элементов. На начальном этапе проектирования параметров корпуса ГТД целесообразно применять упрощенные методики расчета корпуса на непробиваемость при обрыве лопатки, а затем уточнять толщину и другие параметры корпуса с помощью трудоемких методик.

В данной работе рассматривается усовершенствованная инженерная методика расчета корпуса вентилятора ГТД на непробиваемость. Методика расчета включает в себя следующие этапы: оценку массы лопатки и радиуса центра тяжести оборвавшегося пера лопатки, расчет кинетической энергии лопатки на заданной максимальной частоте вращения, расчет сопротивления срезу материала корпуса при ударе оборвавшейся лопатки с учетом предела прочности выбранного материала корпуса и расчет потенциальной энергии корпуса. В предлагаемую методику внесены новые элементы

расчета: расчет периметра соударения рабочей лопатки вентилятора с корпусом с учетом данных испытаний корпусов на непробиваемость, учет энергии трения лопатки о корпус при ее обрыве и уточненные эмпирические коэффициенты.

Для того, чтобы выполнялось условие непробиваемости корпуса авиационного ГТД, необходимо, чтобы кинетическая энергия оборвавшейся лопатки была меньше потенциальной энергии корпуса.

С использованием разработанной методики проведены экспресс-расчеты корпуса на непробиваемость с определением допустимой толщины корпуса вентилятора ГТД и проведено сравнение с результатами испытаний корпуса ГТД на непробиваемость при обрыве рабочей лопатки вентилятора.

Оценка влияния свойств материала на определение максимального утонения при ПТФ для деталей из алюминиевых сплавов

Гончаров А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ковалевич М.В.
МАИ, каф. ТПЛА
goncharov_alexei@mail.ru

В аэрокосмической отрасли получил распространение процесс пневмотермической формовки (ПТФ) – формовка заготовки избыточным давлением газа при оптимальных температурно-скоростных условиях. Эти условия в общем случае соответствуют тем, при которых у сплава проявляются свойства сверхпластичности. Данный процесс позволяет изготавливать детали сложной геометрической формы с более высоким качеством поверхности за меньшее время.

Ограничивающим фактором применения технологии является значительное утонение материала. Это недостаток процесса формовки в целом, но при ПТФ он значительно более выражен, так имеют место значительно большие степени деформации. Перед принятием решения о применении технологии для изготовления конкретной детали необходим расчет максимального утонения или получение схемы распределения толщины материала по поверхности детали. Ранее неоднократно показывалось, что утонение материала зависит в том числе и от материала заготовки.

В работе ставится задача определить уровень влияния "разброса" свойств материала на максимальное утонение детали. Для моделирования процесса использовалась программа Pam Stamp 2G. При моделировании принималось, что деформация происходит в условиях только скоростного упрочнения, что характерно для сверхпластического деформирования.

Задача решалась на примере деталей цилиндрической формы из сплава АМг6М. Для этого материала в системе PSH заданы следующие характеристики, соответствующие зоне сверхпластичности: K=0,273 ГПа, m=0,38, $\dot{\varepsilon}$ =0,0025 $с^{-1}$.

Создано несколько вариантов материала, отличающегося от основного по трем параметрам приблизительно на 5% и 10%, что соответствует отклонениям свойств в реальных сплавах. Проводилось моделирование формовки двух цилиндрических образцов, отличающихся радиусом скругления у дна. Проведены модельные эксперименты для каждого образца.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Скорость деформации и коэффициент К практически не влияют на утонение материала.

2. Отклонение значения коэффициента скоростного упрочнения m на 25% дает изменение толщины на 17,5% для первого образца и до 25 % для второго.

3. Отклонение толщины стенок детали от расчетного значения можно считать незначительным. Например, при отклонении m на 10% при формовке заготовки толщиной 1 мм отклонение максимального утонения от расчетного будет в пределах 0,05 мм. Это позволяет отказаться от предварительной формовки с целью уточнения свойств материала в большинстве случаев.

4. Для деталей с большими степенями деформации испытания образцов представляются целесообразными в первую очередь для уточнения силовых параметров процесса.

Моделирование процесса деформирования тонкостенных элементов после электроискрового легирования методом конечных элементов

Грачев М.В.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Бойцов А.Г.
МАИ, каф. ТППДЛА
mig0086@gmail.com

Исследование проводилось на примере упругого элемента изготовленного из сплава 36НХТЮ. Задача ставилась таким образом, чтобы учесть влияние анизотропии механических свойств полуфабриката и осуществить изгиб пластины наведением в ее поверхностном слое остаточных напряжений.

Вырезка прямоугольных пластин со сторонами 10 и 30 мм осуществлялась на установке ELFA-731, которые делились на 2 группы. Пластины из первой группы вырезались вдоль направления проката, а из второй – поперёк, далее осуществлялось нанесение покрытий.

В качестве материала электрода использовался сплав ВК6М. Покрытие наносилось по траектории типа зигзаг. Устанавливались различные значения исходных параметров: силы тока, ёмкости конденсаторов, скважности и т.д.

Следует отметить, что наблюдался изгиб исходных образцов, которые были вырезаны вдоль направления волокон. У образцов, вырезанных поперёк направления проката, изгиба в исходном состоянии не наблюдалось.

В общем виде влияние режимов обработки для случая электроискрового легирования поверхностного слоя на жёсткость исследуемых образцов зависит от относительной площади нанесённого покрытия, направления волокон, режимов формирования покрытия и термической обработки, материала электрода, исходного состояния материала.

Так как оценка знака и величины остаточных напряжений традиционными способами затруднена (легированный слой неравномерно травится, остаточные напряжения сосредоточены в тонком слое), то использовалась косвенная их оценка по величине прогиба образцов.

Далее проводилось моделирование методом конечных элементов нанесения электроискрового покрытия на образец.

В ходе процесса моделирования моделировались три способа воздействия.

Первый способ – когда моделировалось точечное воздействие в центре исследуемого образца. При этом область влияния соответствовала той области, которая будет при данном диаметре электрода при электроискровом легировании.

При втором методе воздействия проводилось моделирование для случая, когда покрытие наносится по линии в центре образца, параллельно его короткой стороне. При этом ширина воздействия соответствовала такому же при реальном электроискровом легировании.

В последнем случае моделировалось воздействие при полном нанесении покрытия на образец, с учётом креплений образца и траектории движения инструмента.

В ходе моделирования был подтверждён изгиб образца в двух направлениях, рассчитаны напряжения, возникающие после электроискрового воздействия, и показана их корреляция с расчётными данными.

Моделирование методом конечных элементов позволило установить температуру, которая возникает при электроискровом легировании в исследуемом образце.

Расчёты для деформации исследуемого элемента показали пригодность расчёта деформаций образца из сплава 36НХТЮ с использованием метода конечных элементов.

Исследование устойчивости ленточного пильного полотна при резке металлов и сплавов с высокими физико-механическими свойствами

Денисов Р.А.,Синицин Д.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Максимов Ю.В.
МПУ, каф. ТиОМ
roden4@mail.ru

Заготовительное производство является одним из первых этапов, с которого начинается непосредственно производительная часть.

В настоящее времяв производстве на разделительных операциях заготовительного передела повсеместно используютсяленточно-пильные станки, заслужившие высокую оценку своей простотой и надежностью, быстрой окупаемостью.

Однако,при резке металлов и сплавов с высокими физико-механическими свойствами наблюдается значительное снижение производительности даже при использовании полотен с напылением, твердосплавными вставками.

При пилении прутка сплошного сечения поверхность отрезаемой заготовки и поверхность среза самого прутка формируется режущими кромками зубьев пилы. По мере врезания в материал образуется канал равный по ширине расстоянию между крайними кромками разведенных зубьев. Это расстояние несколько больше, чем толщина пружинного основания ленточной пилы. В результате полотно ленточной пилы перемещается (движется) в канале не задевая стенок будущей заготовки и тела прутка.Развод зубьев выполнен для предотвращения эффекта защемления (закусывания) ленточной пилы. Достаточная ширина канала предотвращает защемление ленточной пилы, однако при этом она получает дополнительную свободу перемещения.

В канале во время работы ленточной пилы возникают сложные колебания, обусловленные действием сил существующих в системе станок-приспособление-инструмент-деталь (СПИД). Наиболее неустойчивым звеном в этой системе является инструмент- ленточная пила.

Наряду с обычным воздействием на стенки заготовок режущими кромками зубьев ленточной пилы, большое влияние на качество образуемой поверхности оказывает потеря устойчивости плоской формы изгиба, которая возникает при воздействии усилия на тыльную сторону ленточной пилы (противоположную зубчатому венцу). Потеря устойчивости,главным образом,происходит по причине превышенного допустимого значения скорости подачи для используемого типа ленточной пилы, а также зависит от физико-механических характеристик разрезаемого материала.Второстепенными факторами потери устойчивости можно считать люфты в роликах направляющих ленточной пилы отрезного станка, слабое натяжение ленточной пилы и притупление режущих кромок зубьев, низкая жесткость станка и пр.

В результате потери устойчивости происходит увод плоскости резания. В зависимости от конструкции станка либо получается косой рез, либо плоскость резания имеет волнообразную поверхность.Такие дефекты пиления приводят к повышенному расходу материала и к дополнительным мерам по их исправлению, а, следовательно, снижают производительность.Кроме того, полученная поверхность модулирована шероховатостью от непосредственного процесса резания. Для повышения качества резания и улучшения шероховатости поверхности, важное значениеимеет исключение (снижение) колебаний, вызванных потерей устойчивости плоской формы изгиба.

Для обеспечения результата на каждой из сторон плоского пружинного основания выполнялисьдемпферыспособом холодной штамповки. Они представляют собой ограничители, расположенные в один или несколько рядов по всей длине ленточной пилы и выступающие над плоскостью пружинного основания.Демпферы снижают поперечные и продольные колебания ленточной пилы и позволяют повысить скорость подачи.

Результатом исследования является повышение выхода годных заготовок, продление срока службы пильногополотна, увеличение производительностиленточно-пильного оборудования.

Технологическое обеспечение точности обработки высокоточных отверстий алмазным хонингованием

Джаджарми М. М.
Научный руководитель – д.т.н., Бойцов А.Г.
МАИ, каф. ТППДЛА
maziyar_jj@yahoo.com

Разработка технологий и средств технологического оснащения для обработки высокоточных деталей инструментом из сверхтвердых материалов для замены низкопроизводительных и трудоемких процессов притирки и доводки являются актуальными для многих отраслей машиностроительного производства производящих аппаратуру для гидро-пневмо систем различного назначения. В агрегатах гидроагрегатах авиационной техники широко применяются золотниковые и плунжерные пары сопрягаемые элементы которых изготавливаются с точностью ±1 мкм с шероховатостью поверхности $Ra \leq 0{,}1$ мкм. В настоящей работе приведены результаты анализа современного состояния технологий обработки высокоточных отверстий, отмечены основные направления их развития. Учитывая высокую твердость материалов, из которых изготавливаются золотниковые и плунжерные пары базовым абразивным материалом, применяемым для их финишной обработки, являются алмазные зерна и микропорошки.

Основным направлением автоматизации и совершенствования технологий получения высокоточных отверстий ∅1…20мм, востребованных при производстве гидроагрегатов, является использование однопроходных хонов (алмазных разверток). Однопроходные хоны имеют покрытый абразивами из сверхтвердых материалов (алмаз или кубический нитрид бора) трубчатый элемент с прорезью, позволяющей изменять его диаметр. Высокая стойкость рабочего слоя с суперабразивоми позволяет осуществлять предварительную настройку хона на размер. Изменения диаметра хона в процессе обработки не производят. Конструкции однопроходных хонов позволяют обрабатывать отверстия весьма малого диаметра от 1,5 мм. В зависимости от материала обрабатываемой детали и этапа обработки, зернистости абразива и связки рабочего слоя, однопроходные хоны позволяют удалять припуски в пределах 0,2…100 мкм. Финишная обработка отверстия производится последовательным применением хонов с уменьшающейся зернистостью абразива. В зависимости от требований по точности и шероховатости используют наборы из 3…5 однопроходных разверток.

В работе приведены результаты исследования производительности по съему материала и шероховатости поверхности при обработке инструментами, выполненными с алмазными абразивами различных марок и зернистости на металлических, гальванических, органических и гибридных связках с различной концентрацией абразива. Установлено, что для хонов, используемых на финишных операциях, целесообразно использовать органические или гибридный связки.

Рассмотрены базовые конструкции однопроходных хонов для обработки гладких цилиндрических, конических, глухих, прерывистых и ступенчатых отверстий, однобрусковых хонов, особенности и точность регулирования их размера в процессе настройки. Рассмотрены вопросы обеспечения остроты отсечных кромок. Предложены технологии получения рабочих слоев хонов на металлических и гибридных связках, их вскрытия и правки. Проанализированы вопросы контроля размеров отверстий, в том числе активного.

Показано, что технологии обработки высокоточных отверстий однопроходными хонами могут быть применены для широкой группы материалов, для деталей с упрочняющими покрытиями и восстановленных деталей.

Актуальность изготовления равнопрочных конструкций в авиа- и ракетостроении с применением селективного лазерного плавления

Дзгоев Т.Р.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Силуянова М.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
Robertovich3101@gmail.com

На протяжении всей истории авиа- и ракетостроения одной из главных задач является уменьшения веса силовой установки. Последние 5-6 лет интенсивно начали развиваться технологии формирования трёхмерных объектов не классическим путем удаления материала (точение, фрезерование, электроэрозионная обработка) или изменение формы заготовки (ковка, штамповка, прессовка), а путём постепенного наращивания (добавления) материала.

Как известно раньше конструкторские бюро проходили путь от кульмана и черчения до стекловолокна и эпоксидной смолы, то современные конструктора постепенно переходят на работу в 3D пакетах, в которых довольно успешно проектируют разные узлы самолетов и другой техники. Теперь для получения опытного образца нужного размера требуется всего лишь 3D принтер, и несколько часов. При этом ограничений для конструктора практически нет. Моделируя часть авиационного двигателя или же часть фюзеляжа, конструктор на любом этапе работы может распечатать модель и посмотреть, как будет выглядеть та или иная деталь в реальной жизни. С помощью 3D печати можно посмотреть удобно ли будет собирать какой-либо узел на этапе проектировки, насколько сложно будет его произвести. Проектируя сложные узлы, такие как двигатель самолёта, вертолёта, конструктор может распечатать конструкционные части и выявить ошибки ещё на стадии проектировки.

На данный момент значительного прогресса достигли технологии послойного формирования трёхмерных объектов по их компьютерным образцам.

Существует три основных вида 3D печати: 1) Селективное лазерное плавление (SLM); 2) Прямое наплавление металла (DMD); 3) Электронно-лучевое плавление (EBM). Из перечисленных выше методов производства SLM является наиболее распространённым для получения деталей малых и средних габаритов. Преимуществом по сравнению с методом EBM является отсутствие необходимости вакуумной камеры. Селективное лазерное плавление обеспечивает хорошую производительность, удовлетворительную шероховатость и высокую точность изготовления детали.

На основе изложенного можно выделить основные преимущества перехода от классического метода изготовления детали к технологии селективного лазерного плавления: 1) Повышение прочностных характеристик осуществляется за счёт исключения из конструкции сварных швов, концентраторов напряжения; 2) Применение данного метода позволяет решить сложные технологические проблемы; 3) Уменьшение веса деталей является важнейшей стратегической задачей для авиа- и ракетостроения. Облегчение деталей происходит за счёт создания сотовых и сетчатых конструкций, при сохранении прочностных характеристик благодаря интеграции спроектированных внутренних ребер жесткости.

В 2015 году были проведены работы по оптимизации силового элемента энергетической установки космических кораблей нового поколения, по результатам которых было выявлено, что переход от классического метода изготовления деталей к использованию 3D печати значительно уменьшит сроки изготовления, а также способствует уменьшению веса до 35%.

В итоге можно с полной уверенностью утверждать – развитие аддитивных технологий в сфере авиа- и ракетостроении способствует решению ряда вопросов, которые раньше не могли быть решены при помощи классического метода изготовления деталей.

Совершенствование конструкции турбины низкого давления с применением CALS – технологий

Дикова Д.А.
Научный руководитель – д.т.н., доцент Силуянова М.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
darya_dikova@mail.ru

В современном мире экономика играет важную роль в промышленном производстве. В связи с этим, экономия ресурсов является одним из основных условий при создании и дальнейшей эксплуатации изделия. Для решения этой проблемы используют различные CALS-технологии. В развитии двигателестроения ключевым вопросом является повышение температуры газа перед турбиной. Так как уровень температур в двигателях пятого поколения превышает 2000 К, а используемые жаропрочные материалы не справляются с тепловыми нагрузками, необходимо совершенствовать саму конструкцию [1], а именно подвод охлаждающего воздуха к сопловым и рабочим лопаткам.

При использовании программного комплекса Gidra была разработана воздушная схема двигателя. Модель турбины низкого давления (ТНД) не подразумевает охлаждение рабочих лопаток, так как температура газа за турбиной высокого давления (ТВД) удовлетворяет свойствам используемых жаропрочных материалов. Это происходит за счёт достаточного и равномерного охлаждения обода диска, замков и непосредственно самих лопаток воздухом, отобранным за компрессором высокого давления (КВД) и из вторичной зоны основной камеры сгорания. Наибольшая температура наблюдалась в районе замка рабочей лопатки (475°С). При дальнейшем проведении прочностных расчетов конструкция была модернизирована (из-за недостаточного запаса прочности замка рабочей лопатки и обода диска турбины) и потребовала перерасчета тепловой диаграммы, с учетом новой геометрии (увеличение диаметра пазов под замком рабочей лопатки турбины низкого давления). Тепловые стационарные расчеты проводились в 3D-постановке в программном комплексе ANSYS 14.5. К расчетной сетке были приложены новые граничные условия из Gidra. Перераспределение охлаждающего воздуха за диском турбины, помогло обеспечить необходимую температуру в месте контакта замка рабочей лопатки и обода диска ТНД. При тепловом сравнении двух картин диаграмм видно, что температура горячей зоны контакта уменьшилась и понизилась на 20 – 30 ° у усовершенствованной конструкции. Дальнейшие прочностные расчеты показали, что новая модель отвечает уровню, необходимому для запаса по прочности конструкции.

По итогам проведенной работы можно сделать вывод, что на различных этапах жизненного цикла изделия важная роль отводится CALS-технологиям [2]. С их появлением расчетно-конструкторская часть стала не только экономичнее, но и точнее и быстрее. Даже при проведении испытаний не всегда удается увидеть полную картину испытываемых нагрузок. При использовании 3D модели возможны расчеты с различными условиями, а при их соответствии требованиям уже дальнейшее проектирование твердотельной конструкции.

Литература:

1. Дикова Д.А., Силуянова М.В. Модернизация конструкции турбины низкого давления газотурбинного двигателя с помощью CALS- технологий // В сборнике: Наука и инновации в современных условиях. Сборник статей международной научно-практической конференции: в 5 ч. 2016. С. 41-44.

2. Силуянова М.В., Дикова Д.А. Применение CALS- технологий в разработке и усовершенствовании конструкции турбины низкого давления газотурбинного двигателя // В сборнике: Академическая наука – проблемы и достижения. Материалы X международной научно-практической конференции: в 2-х томах. Научно-издательский центр «Академический». 2016. С. 71-73.

Моделирование испытания на растяжение алюминиевого образца в программе AutoForm

Довгаль М.В.
Научный руководитель – профессор, доцент, к.т.н. Типалин С.А.
МПУ, каф. ОМДАТ
MW521@yandex.ru

В мире много CAE программ (например: AutoForm, Abaqus, Q-Form и т.д.), производители которых рекламируют их, как самые точные и удобные. Но идеальных программных пакетов в настоящее время не существует. Этот факт подтверждается выходом новых, улучшенных версий CAE программ.

Для определения точности расчетов нужно сравнивать моделирование с данными, полученными после проведения экспериментов. Для сложной детали погрешности выявить сложно, так как при её точном расчете требуется учесть множество факторов, влияющих на качество данного продукта. Для выявления адекватности программы нужно проводить моделирование базовых испытаний и сравнивать его с экспериментальными данными этих же испытаний.

В данной работе рассмотрено моделирование испытания на растяжение алюминия в программе AutoForm.

Программа AutoForm является одной из ведущих в области моделирование процессов холодной штамповки.

Испытание на растяжение является основным и наиболее распространенным методом лабораторного исследования и контроля механических свойств материалов.

Целью работы является описание результатов моделирования испытания на растяжение до разрыва алюминиевого образца в программе AutoForm.

В настоящее время:

– в программе AutoForm смоделирован процесс растяжения алюминиевого образца из деформируемого сплава марки 1050;

– получено максимальное напряжение перед разрывом образца;

– зафиксированы утонения;

– выявлено приблизительное удлинение.

Сложностью данного процесса моделирования являлось закрепление образца и имитация процесса растяжения. В ходе проведенного моделирования были получены данные которые сравнивались с растяжением образцов в лабораторных условиях. Результаты моделирования показали хорошую сходимость с реальным процессом растяжения тонколистового образца.

Визуализации работы вращающегося центра для средних нагрузок

Евдокимов С.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Можегова Ю.Н.
КГТА им. В.А. Дегтярева, каф. ПМиСАПР
redkit-13@mail.ru

Вращающийся центр для средних нагрузок является приспособлением, применяющимся в машиностроении, авиастроении и приборостроении.

Детали типа валов базируются центровыми отверстиями с помощью переднего и заднего центров токарных станков.

Передний центр устанавливается в конической расточке шпинделя станка, вращается синхронно с установленной на нем деталью. Задние центры устанавливаются в пиноли задней бабки станка неподвижно, в процессе обработки испытывают большие нагрузки, сильно нагреваются и быстро изнашиваются. Одновременно изнашиваются и центровые отверстия деталей, что также вызывает появление дополнительных погрешностей при обработке.

Вращающийся центр испытывает ударные нагрузки при обработке изделий, что требует первоначально смоделировать приспособление, оценить его работоспособность, и только затем приступить к изготовлению.

Цель работы: разработать 3D модель и чертеж вращающегося центра для средних нагрузок в графической системе «КОМПАС-3D».

Задачи работы:

- Спроектировать 3D модели элементов вращающегося цента.
- Создать 3D модель сборки вращающегося центра для средних нагрузок.
- Создать ассоциативный чертеж приспособления.

Основными элементами центра являются валик с конусом, сальник, гайка поджимная, корпус с хвостовиком, подшипник радиально-упорный; пробка, втулка распорная, подшипник упорный, трехмерные модели которых были спроектированы в графической системе «КОМПАС-3D». На основе созданных параметризованных моделей были сформированы чертежи каждой из деталей приспособления.

С помощью технологии «снизу вверх» из имеющихся моделей изделий была создана сборка вращающегося центра для средних нагрузок, а также проведена визуализация работоспособности центра, которая позволила оценить взаимодействие каждого из элементов сборки.

Благодаря возможностям параметризации полученных моделей деталей вращающегося центра в системе «КОМПАС-3D» имеется возможность на уровне первоначального проектирования, а также после окончательной сборки модели внести изменения в проектируемые изделия и, соответственно, изменить сборку приспособления.

Спроектированная модель вращающегося центра может быть проанализирована на возникновение напряжений в местах контакта с заготовкой, а также под действием сил резания, возникающих в момент обработки деталей токарном станке.

В результате проделанной работы были разработаны твердотельная модель и чертёж вращающегося центра для средних нагрузок в графической системе «КОМПАС-3D».

Операционное управление в системе проектно-производственного сопровождения процессов создания СТС

Ермохин Е.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Цырков Г.А.
МАИ, каф. ТИАС
ermokhin@matias.ru

Рассматриваются особенности построения модуля операционного управления, являющегося частью системы проектно-производственного сопровождения (СППС) процессов создания СТС, построенной на принципах проектно-операционного управления (ПОУ). Модуль предназначен для назначения, контроля выполнения и выдачи производственных заданий на уровне исполнителя. Данные о составе работ хранятся в виде технологических процессов в СППС.

Модуль является элементом функционала *MES* (*Manufacturing execution system*) — системы управления производственными процессами, предназначенной для решения задач оперативного планирования на уровне цеха (подразделения). В данной работе рассматривается одна из функций *MES*-11 — *ODS* (*Operations*/*detail scheduling*, оперативное детальное планирование).

После первоначального планирования (выдачи заданий на уровне подразделений) производится оперативное планирование, результатом которого является назначение исполнителей на каждую доступную к исполнению операцию, с учетом их квалификации и производственных возможностей.

Порядок следования работ реализован с помощью уровней. Уровнем называется атрибут операции (положительное число), который показывает:

– операции с одинаковым уровнем выполняются одновременно

– операции с разным уровнем выполняются последовательно, после выполнения всех операций с уровнем < текущего.

В момент начала работы для назначения доступны только операции с самым минимальным уровнем. По мере закрытия этих работ, для назначения становится доступен следующий уровень и т. д. Минимальной единицей закрытия работ является смена. В начале смены исполнитель получает сменно-суточное задание, состоящее из назначенных операций. По мере закрытия этих операций происходит назначение следующего уровня операций.

Для автоматического назначения операций используются следующие приоритеты (в порядке важности):

– наличие специалистов, аттестованных на эту операцию;

– код профессии или другие параметры, связывающие профессию исполнителя с работой;

– код бригады (группы, сектора, …): предпочтение отдается членам одной бригады, но в зависимости от состава бригад и структуры управления предприятием исполнители могут «перебрасываться» из других бригад для выполнения отдельных операций;

– разряд (квалификация);

– загрузка: исполнитель не должен быть перегружен, и не должен становиться перегруженным после назначения.

Если среди доступных исполнителей найден человек, который уже получал аналогичные задания ранее или работал над операцией ранее, то работа будет назначена ему (принцип научения).

Автоматическое назначение работает в следующих режимах: по порядку следования работ (при этом загрузка бригады может быть неравномерной), равномерная (стремимся, чтобы вся бригада была загружена одинаково).

После автоматического назначения оператор проверяет результат и при необходимости вносит изменения.

Повышение точности контроля деталей типа «диск» с помощью лазерных измерительных систем (лис)

Зайцев И.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Матросова В.В.
МПУ, НОЦ киберфизических систем
Ivan280796@yandex.ru, capitan.milena@mail.ru

В настоящее время в нашей стране применяется сравнительно много методов активного и послеоперационного контроля различных деталей в машиностроении и в частности – деталей типа "диск".

Реальный профиль сравнивается с траекторией вращения шпинделя прибора. Деталь центрируется и нивелируется относительно оси вращения шпинделя. Отклонение от круглости регистрируется самописцем или на светящемся экране.

Этот метод ведет к появлению множества погрешностей

- радиальная погрешность шпинделя;
- погрешность передаточной характеристики измерительного прибора;
- погрешность центрирования;
- погрешность, вызванная отклонением от параллельности оси детали относительно оси шпинделя;
- случайные погрешности обработки результатов измерения;

Развитие лазерных измерительных систем происходит в двух различных направлениях. Первое направление - лазерная интерферометрия основывается на использовании как меры отсчета длины волны лазерного когерентного моно-хроматического излучателя.

Интерферометрические ЛИС в настоящее время наиболее разработаны и исследованы. Наиболее широкое применение нашли эти системы для измерения координат линейных перемещений подвижных узлов автоматизированного технологического оборудования, непрямолинейности и неплоскостности направляющих станков, соосности цилиндрических деталей, биения осей вращающихся деталей, и т.д.

Использование интерферометрических ЛИС для контроля указанных параметров в некоторых случаях встречает затруднения из-за технических причин, в других - является экономически нецелесообразным из-за сравнительно высокой стоимости таких ЛИС.

Указанные трудности могут быть преодолены при использовании ЛИС опорного принципа действия

В системах опорного принципа действия используется свойство прямолинейного распространения света в однородной оптической среде.

Отклонение измеряемого геометрического параметра относительно образцово-базовой преобразуется с помощью полупроводникового информационно-измерительного фотоприемника.

Преимуществом лазерных систем контроля круглости является их высокая точность, чувствительность, быстродействие, возможность получения информации непрерывно в виде, удобном для регистрации и дальнейшего ее использования в системах активного контроля, исключение субъективных ошибок, возможность дистанционной передачи измерений.

Разработка банка данных систем интенсификации теплообмена для автоматизированного проектирования высокотемпературных турбин ГТД и ГТУ

Земляная В.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Викулин А.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
chesnovava@mail.ru

Создание перспективных газотурбинных двигателей (ГТД) и энергетических газотурбинных установок (ГТУ) связано с совершенствованием конструкции высокотемпературной газовой турбины. Главным направлением совершенствования всех типов ГТД и ГТУ является повышение температуры газа на входе в турбину. Решить данную задачу можно за счет совершенствования конструкции систем охлаждения теплонапряженных деталей газовых турбин, таких как рабочие и сопловые лопатки, с целью обеспечения заданного уровня температур.

В процессе создания систем охлаждения высокотемпературных газовых турбин перспективных ГТД и ГТУ необходимо разработать и провести комплексную программу исследований перспективных систем охлаждения, формирующих каналы сложной конфигурации, при переменных начальных и граничных условиях теплоотдачи. С целью повышения точности аналитического прогнозирования теплогидравлических характеристик для таких программных продуктов, как ANSYS CFX, FLUENT, Flowvision, разрабатывается банк данных по системам интенсификации теплообмена. При разработке программных пакетов вычислительной гидрогазодинамики и тепломассообмена для проведения инженерных расчетов, самым дорогостоящим и трудоемким процессом является разработка базы данных, стоимость которой, как правило, на порядок превышает стоимость оболочки программного продукта.

С целью получения новых теоретических и практических результатов, а соответственно, создания достоверного банка данных, проведены экспериментальные исследования и получены критериальные зависимости по тепловому состоянию с учетом пропускной способности для развитой системы каналов, сформированной перспективными системами интенсификации теплообмена.

Банк данных составлен на основании результатов тепловых и гидравлических испытаний каналов сложной конфигурации с размещенными в их внутренней полости интенсификаторами теплообмена. Геометрические характеристики турбулизаторов потока воздуха соответствуют реальным размерам интенсификаторов, установленных в

теплонапряженных конструкциях турбин высокого и низкого давлений. Разработаны методики обработки результатов гидравлических и тепловых испытаний.

Гидравлические характеристики каналов получены на основании изотермических продувок. Результаты гидравлических испытаний представлялись в виде зависимостей коэффициента гидравлического сопротивления ξ от числа Рейнольдса $\xi = f(\mathrm{Re})$.

Тепловые характеристики каналов получены на основании их испытаний методом калориметрирования в жидкометаллическом термостате. Стенд для проведения калориметрических испытаний теплонапряженных деталей в жидкометаллическом термостате является разработкой кафедры «Технология проектирования и производства двигателей летательных аппаратов». В настоящее время он внедрен на ведущих предприятиях и широко используется в отрасли авиадвигателестроения. Результаты тепловых испытаний представлялись в виде зависимостей относительного числа Нуссельта от числа Рейнольдса $\mathrm{Nu} = f(\mathrm{Re})$.

Разработанный банк данных для современных систем интенсификации теплообмена может быть использован при разработке конструкций сопловых и рабочих лопаток высокотемпературных газовых турбин, а также малоразмерных охлаждаемых лопаток, устанавливаемых в самолетах спортивного типа и работающих при небольших значениях расхода воздуха.

Модернизация системы подачи охлаждающего воздуха в турбину высокого давления с целью повышения эффективности работы газотурбинного двигателя

Золотухин А.А.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Силуянова М.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
dragur2@gmail.com

Развитие и модернизация конструкций современных двигателей является одним из важнейших факторов в развитии современного газотурбостроения. На сегодняшний день к современным двигателям 5-го поколения предъявляются высокие требования по уровню надежности, эффективности работы и т.д.

Одним из важнейших параметров является общий расход воздуха. В своей работе система охлаждения затрачивает достаточно большое количество воздуха, что приводит к потерям и не эффективному использованию данного ценного ресурса в двигателе. Поэтому использования высокоэффективных систем охлаждения позволит экономить воздух, подаваемый в систему охлаждения, и направлять его обратно в работу, что повысит в конечном итоге КПД двигателя.

Основной сложностью в разработке систем охлаждения является как можно более эффективное использование воздуха, выделенного на охлаждение высокотемпературных элементов. Поэтому современные газотурбинные двигатели (ГТД) имеют в своей конструкции элементы, с помощью которых осуществляется регулирование подачи охлаждающего воздуха.

В рассматриваемом двигателе охлаждение турбины происходит на всех режимах ее работы. Подача воздуха осуществляется по двум направлениям это через наружный контур двигателя, проходя через стойки, направляется в систему охлаждения турбины низкого давления (ТНД) и через вторичную зону камеры сгорания, воздух из которой проходит через воздушный теплообменник и направляется в клапанный аппарат, который регулирует подачу охлаждающего воздуха в турбину высокого давления (ТВД).

В результате модернизации участка системы охлаждения, где установлен клапанный аппарат, была разработана система подачи охлаждающего воздуха, которая позволяет регулировать величину подачи охлаждающего воздуха на всех режимах работы двигателя. Т.е. в зависимости от того какая величина будет у значений $\alpha_{\text{руд}}$, n_2, $t_T{}^*$ будет зависеть количество воздуха подаваемого в систему охлаждения, что позволяет экономить воздух подаваемый в систему охлаждения и направлять его обратно в работу, В результате чего достигается повышение экономичности двигателя и повышение его КПД.

Исходя из этого, можно сделать выводы, что при использовании системы охлаждения с плавным регулированием подачей охлаждающего воздуха можно значительно повысить эффективность использования системы охлаждения, сократив расход воздуха, идущего на охлаждения, который можно использовать для повышения КПД двигателя и сокращения используемого количества топлива, тем самым повысить общую эффективность двигателя.

Литература:

1. Силуянова М.В., Золотухин А.А. Модернизация системы охлаждения турбины высокого давления с целью повышения эффективности работы газотурбинного двигателя // В сборнике: Academic science-problems and achievements. X Proceedings of the Conference. Научно-издательский центр «Академический». 2016. С. 116-118.

2. Золотухин А.А., Силуянова М.В. Разработка системы охлаждения турбины высокого давления для более эффективной работы газотурбинного двигателя // В сборнике: Наука и инновации в современных условиях. Сборник статей международной научно-практической конференции: в 5 ч. 2016. С. 57-59.

Разработка и моделирование технологического процесса изготовления отливок из сплава МЛ5 в формы ХТС.

Игнатов Д.О., Степынин С.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Моисеев В.С.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
Juneboy1996@yandex.ru

Основными этапами разработки технологического процесса изготовления литой заготовки в песчаные формы является следующие: оценка технологичности конструкции отливки и разработки ее чертежа на основании чертежа детали с учетом технологических напусков и припусков на механическую обработку; решение блока эвристических задач (вектор положения отливки в форме, поверхности ее разъема, типа литниковой системы, определение числа и мест простановки стержней) и задач расчетного характера (определение исполняемых размеров литниковой системы, расчет прибылей и холодильников).

При традиционных методах проектирования данная информация служит основанием для разработки конструкции модельной оснастки и последующей ее апробации. По результатам анализа опытной партии отливок принимали решение о необходимости корректировки оснастки или ее доработки. Следующий этап – серийное производство.

Однако корректировка и доработка оснастки иногда составляла значительные дополнительные материальные и временные потери. Современные методы моделирования литейных процессов позволяют уйти от данных потерь, снижая издержки этапа проектирования с последующей натурной апробацией процесса.

Наиболее популярным в литейном производстве из известных программных средств моделирования является СКМ “ProCAST”. Его структура состоит из последовательно выполняемых этапов: “MeshCAST” — полностью автоматический генератор 2D и 3D конечно-элементной сетки; PreCAST — препроцессор, позволяющий считывать конечно-элементную модель, назначать свойства материалов для различных компонентов модели, задавать контактные, граничные и начальные условия; ProCAST осуществляет анализ; ViewCAST представляет собой постпроцессор, позволяющий визуализировать результаты расчета в виде отчета ProCAST. Основные достоинства в том, что позволяет моделировать любую литейную технологию, геометрия отливок может быть самой разнообразной и сложной, моделирует реальную физику соответствующих процессов (теплопроводность, потоки, напряжения и т.д.).

В частности для решения конкретных производственных задач авторы данной работы приняли участие в разработке и моделировании технологических процессов литья заготовок “корпус” и “основание” из сплава МЛ5 для АО “ММЗ”Авангард”.

По результатам моделирования был проведён сравнительный анализ расчета и получены следующие результаты: распределение скоростей в процессе заполнения расплавом рабочей полости литейной формы; изменение температурных полей в процессе заполнения расплавом рабочей полости литейной формы и затвердевания отливки; анализ образования твердой фазы; продолжительность процесса кристаллизации; образование усадочной пористости.

Полученные расчетные данные составляют основу технологических процессов изготовления указанных отливок.

Применение многофункциональной измерительной системы при контроле деталей двигателей

Кабалин И.Ю., Токмакова Е.Н.
Научный руководитель – доц., к.т.н. Токмакова Т.В., доц., к.т.н. Маликов С.Б.
МАИ, каф. ТППДЛА
kabalin.ivan@mail.ru

В настоящее время конструкции газотурбинных двигателей (ГТД) постоянно усложняются. Одновременно с этим возрастают требования к точности соблюдения геометрических параметров деталей двигателей и к методам их контроля. Средства контроля деталей ГТД должны обладать высокой точностью и производительностью.

Для контроля трехмерных сложно-контурных поверхностей на предприятиях используются механические средства измерений и визуальные шаблонные приборы. Однако эти приборы имеют невысокую производительность, значительную погрешность измерения и маленький ресурс использования. К автоматизированным средствам контроля размеров относятся координатно-измерительные машины (КИМ), которые создают геометрию исследуемого контура по точкам. Производительность работы координатно-измерительныех машин также невысока. Кроме того, принципы действия КИМ не позволяют исследовать некоторые поверхности деталей. Например, кромки профиля сечения пера лопатки с достаточно малым радиусом закругления.

Этих недостатков, как показал проведенный в работе анализ, лишена многофункциональная видеоизмерительная система, специально разработанная для объемных образцов. Данная система оснащена несколькими измерительными датчиками, обладает небольшой массой и компактными габаритными размерами, что дает возможность эффективно использовать ее в условиях предприятия. Благодаря наличию увеличенного рабочего расстояния по трем осям измерений, система точно контролирует глубину различных отверстий и пазов.

Температурные деформации измерительной системы имеют минимальное значение за счет использования в конструкции алюминиевых сплавов. Кроме того, оснащение данного оборудования предметным столом с высокой степенью точности обеспечивает низкую погрешность и высокую производительность измерений.

С целью улучшения качества проводимых измерений система имеет несколько измерительных головок: визуальную, лазерную и контактную. Визуальная автофокусировка предоставляет возможность проводить измерения с высокой скоростью и точностью при исследовании поверхности и кромок образца. Лазерный модуль предназначен для высокоточных измерений высоты детали, а контактная измерительная головка контролирует сложные трехмерные изделия, когда визуальное исследование затруднено. Результаты измерений после визуального, лазерного и контактного контроля анализируются в общей системе координат, на основе используемого в оборудованиии современного универсального программного обеспечения. Объединение нескольких измерительных систем в одну увеличивает производительность проиводственного процесса и сокращает объем занимаемого рабочего места.

Выполненные в работе исследования показали, что помимо применения данной видеоизмерительной системы в двигателестроении, она также может быть использована для контроля в инструментальном производстве, медицинской промышленности и при измерении электронных компонентов.

Перспективы расширения области применения сварки трения в авиационном машиностроении

Казанцев А.С., Курицын Д.Н.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Конкевич В.Ю.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
kazancev.sanek94@mail.ru

В последние десятилетия резко увеличилось применение сварки трением с перемешиванием (СТП) для создания конструкций в различных областях машиностроения. Основными преимуществами сварки трением является то, что за счет сварки в твердом состоянии нет опасности образования горячих трещин, газовых пор, возможно сваривать традиционно несвариваемые сплавы, хорошие технологические показатели сварки (нет излучения дуги, нет испарения легирующих компонентов и т.п.).[1]

В настоящее время в авиакосмической промышленности СТП применяется для создания конструкций из алюминиевых сплавов. При этом для создания сварных конструкций используются как традиционные, свариваемые сваркой плавлением сплавы типа АМг6, 01570, так и литейные сплавы типа ВАЛ16 и традиционно несвариваемые сваркой плавлением сплавы типа Д16, В95 и др. Для изготовления инструмента для сварки алюминиевых сплавов применяются, как правило инструментальные стали типа 40ХНМА и т.п., но и они не всегда обеспечивают требуемую стойкость. [1]

Значительному прогрессу в расширении и использования СТП для различных металлов и сплавов способствует проводимые в настоящее время в ОАО «ВНИИАЛМАЗ» исследования по оптимизации процесса СТП образцов из конструкционной стали и титановых сплавов. СТП протекает при жёстких условиях (повышенная температура, вибрационные нагрузки), поэтому большая работа была проделана в поиске материалов рабочей части инструмента, способных их выдержать. [2]

При выборе инструментального материала решающую роль при этом имеют термопрочностные характеристики свариваемых материалов. Если для сварки алюминиевых сплавов температура нагрева инструмента составляет около 500 ^{0}C, то для сварки титановых сплавов температура составляет около 1000 ^{0}C, при этом инструмент подвергается разрушению и износу. [2]

Кроме инструментальных и быстрорежущих сталей, в настоящее время для инструмента СТП исследуются возможности применения металлокерамических твердых сплавов, минералокерамики, сверхтвердые материалы и композиционные сверхтвердые материалы. Например для сварки титановых сплавов может использоваться инструмент из W с добавками La_2O_3. Имеется информация о СТП с использованием металлокерамических материалов для сварки высокопрочных сталей. Это позволяет предположить, что прогресс в области создания инструмента для СТП будет способствовать еще более широкому применению этого способа сварки не только при изготовлении корпусных конструкций, но и в двигателестроении. [1]

Литература:

1. Фролов В. А., Иванюхин А. Н., Сабанцев А. Н., Диденко С. А., Конкевич В. Ю., Белоцерковец В. В. Сварка трением с перемешиванием – плюсы и минусы // Сварочное производство. 2008. № 10. С.12-19.

2. Курицын, Д.Н. Сварка трением перемешиванием: Исследование влияния технологических факторов процесса на качество соединений, разработка средств оснащения: Монография. – Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 162 с.

Анализ исследований в области обеспечения параметров качества поверхностного слоя деталей методами поверхностного пластического деформирования

Калашников А.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Прокофьев М.А.
РГАТУ им. П.А. Соловьева, каф. ТАДиОМ
Kalash1905@yandex.ru

Надежное обеспечение эксплуатационных характеристик деталей машин является одной из важнейших научно-технических задач в настоящее время. Технологическое обеспечение оптимальных для заданных условий эксплуатации параметров качества поверхностного слоя, точности изготовления деталей и сборки машин является одним из наиболее эффективных направлений в решении этой проблемы.

В этом случае представляют особый интерес способы финишной обработки деталей поверхностным пластическим деформированием (ППД). Они обеспечивают высокое качество поверхности. В настоящее время существуют следующие виды обработки поверхностного пластического деформирования:

1 Алмазное выглаживание

Является одним из методов отделочно-упрочняющей обработки поверхности пластическим деформированием. Заключается в пластическом деформировании обрабатываемой поверхности скользящим по ней инструментом – выглаживателем. Инструмент представляет собой алмазный кристалл, закрепленный в оправке. Свойства инструмента: высокая твердость, низкий коэффициент трения, высокая степень чистоты, высокая теплопроводность.

Применение выглаживания позволяет: уменьшить шероховатость поверхности (отделка), повысить прочность поверхностного слоя, повысить точность размеров и форм деталей (калибрование).

2 Вибровыглаживание

Применяется инструмент в виде сферы (другие формы заточки неприменимы), которому дополнительно придается возвратно-поступательное перемещение по поверхности детали. Преимущества по сравнению с выглаживанием: остаточные напряжения увеличиваются в 1,3-1,7 раз, длина канала увеличивается в 1,5-2 раза, износостойкость детали повышается в 1,5 раза, также возможно изготовить любой микрорельеф для контактирующих тел, удержание масляной пленки в каналах при трении, упрочнение с оплавлением поверхности детали.

3 Дорнование

Данный метод используется для калибрования и отделки внутренних поверхностей деталей. Основным технологическим параметром процесса является инструмент, который перемещается в отверстии с натягом. Обработка выполняется за один или несколько проходов инструмента. Данный метод позволяет повысить точность отверстий и обеспечить высокое качество поверхности; процесс производителен.

4 Методы динамического упрочнения

В машиностроении существует большое количество методов ППД, которые основаны на динамическом (ударном) воздействии инструмента на поверхность детали.

Применение поверхностного пластического деформирования позволяет: повысить плотность дислокаций в упрочненном слое, измельчить исходную структуру материала, повысить твердость поверхности, уменьшить величину шероховатости, повысить износостойкость деталей, увеличить сопротивление схватыванию поверхностей, увеличить предел выносливости.

Применение методов поверхностного пластического деформирования позволяет значительно повысить эксплуатационные характеристики поверхностного слоя и детали в целом, что в итоге скажется на качестве готовой продукции и ее конкурентоспособности на рынке.

Восстановление изношенных деталей наплавкой трением

Кахробай Монфаред Мохаммадхассан Камбиз
Научный руководитель – д.т.н., Бойцов А.Г.
МАИ, каф. ТППДЛА
mohammad.kahrobaei@mail.ru

Наплавка трением является перспективным методом восстановления изношенных деталей реализуемая с использованием обычного металлорежущего оборудования при минимальных затратах на технологическое оснащение. Она имеет ряд ключевых преимуществ по сравнению с традиционными методами восстановления геометрии деталей, к которым относятся:

– формирование наплавленного слоя в твердой фазе (без плавления), что позволяет избежать традиционных металлургических дефектов, пористости, усадочных трещин и выгорания легирующих элементов, разложения упрочняющих карбидных фаз;

– мелкозернистая текстурированная структура наплавленного слоя, возникающая в условиях теплой деформации;

– широкая номенклатура наплавочных материалов применяемых как в компактном виде, так и порошковых, возможность наплавки одноименного, родственного или разнородного по отношению к базовому, материала;

– простота технической реализации с возможностью восстановления наружных и внутренних поверхностей, автоматизации и управления параметрами процесса, высокая размерная стабильность и воспроизводимость результата;

– низкое потребление энергии (2,5% от энергии, потребляемой при лазерной наплавке, 10% от энергии, потребляемой при дуговой наплавке);

– минимальные требования к очистке свариваемых поверхностей, не требуются защитные газовые среды, отсутствует выделение вредных веществ и излучений.

В докладе приводится анализ способов и технологических возможностей наплавки трением рассмотрены особенности подходов к моделированию и результаты собственных исследований.

Приведены результаты исследований наплавки листового материала по технологии сварки трением перемешиванием и инструменты для ее реализации, для алюминиевых сплавов и меди. Проанализированы различные варианты наплавки вращающимся стержнем из присадочного материала, поджимаемого к восстанавливаемой поверхности, который, под действием выделяемого при трении тепла, пластифицируется, деформируется и переносится на восстанавливаемую поверхность. Основными параметрами такого процесса являются частота вращения стержня, скорость его перемещения (подача), температура и величина контактного давления в зоне наплавки. Предложены технологические схемы обеспечения требуемой толщины наплавленного слоя, которая, может составлять от 0,05 до 2,5 мм за проход. Рассмотрены особенности и перспективные схемы наплавки трением с применением порошковых материалов. Проанализированы и смоделированы технологические схемы наплавки трением при восстановлении поверхностей отверстий с использованием специального инструмента с низкой адгезией к нему наплавочного материала.

При выполнении работы получены аналитические выражения, позволяющие выполнять расчеты параметров процесса наплавки. Показано, что технологии наплавки трением могут быть применены для восстановления изношенных и отбракованных деталей из различных материалов, нанесения защитных покрытий, получения биметаллических деталей, аддитивного формирования изделий, ребер жесткости и других конструктивных элементов.

Технология нанесения покрытий во время эксплуатациигазовый турбины (in situ combustion coating, ISCC)

Ким Чжи Хюн
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ильинская О.И.
МАИ, каф. ТППДЛА
kjh052393@gmail.com

Газовая турбина – это один из основных узлов ГТД, определяющих надежность и ресурс всего двигателя. С увеличением температуры газа перед турбиной и температуры сгорания топлива возрастает эффективность (КПД) газовой турбины. Повышение КПД турбины сильно зависит от материала, конструкции и технологии изготовления высокотемпературных деталей. Обычно высокотемпературные элементы изготавливают из жаропрочних сплавов на основе никеля, но для работы при температуре выше 1000℃, их дополнительно покрывают теплозащитным покрытием (thermal barrier coating, TBC) или элементы охлаждаются с помощью специальных отверстий.

Технология нанесения покрытия во время эксплуатации (in situ combustion coating, ISCC) была предложена для усовершенствования недостатка термобарьерных покрытий (ТБП), на основе материала диоксид циркония, стабилизированного иттрием (yttria-stabilized-zirconia, YSZ). Как в слове «in situ», во время эксплуатации газовой турбины покрывающий раствор впрыскивается в камеру сгорания, и на поверхности высокотемпературного элемента, где проходит сгорающий газовый поток, осаждается материал на основе окислов.

Эта технология имеет сходство с методом химического осаждения из газовой фазы (combustion chemical vapor deposition, CCVD). В процессе CCVD подложка помещается в пары одного или нескольких веществ, которые, вступая в реакцию и разлагаясь, производят на поверхности подложки необходимое вещество. Часто при этом образуется также газообразный продукт реакции, выносимый из камеры с потоком газа.

Метод CCVD – это лучший способ нанесения окислов в атмосферной среде на поверхности элементов турбины, а также при выборе подходящего покрывающего вещества, как металлоорганического соединения, так и разных видов окислов.

Преимуществом технологии ISCC является экономичность, экологическая чистота, увеличение КПД и ресурса деталей. Процесс нанесения покрытий происходит с помощью энергии продуктов сгорания в газовой турбине при наличии специального оборудования для подачи покрывающего вещества. Процесс нанесения покрытий можно повторять несколько раз, что имеет удобство при техническом обслуживании.

Технология ISCC впервые была примененна в лабораториях на ГТД летательного аппарата в Корее. В первом испытании было использовано турбинное колесо, которое сделано из стали 45 (SM45C). Технология была применена в среде авиационного топлива на основе силиконоорганических соединений. В лопатках турбины были обнаружены окислы диоксида кремния (кремнезём, SiO_2, silica), прочность колеса турбины из стали 45(SM45C) намного превысила ожидаемый результат. Для колеса турбины из жаропрочного сплава на основе никеля инконель 718(IN718) также применялась технология ISCC, были покрыты слоем диоксид кремния (кремнезём, SiO_2, silica) передняя и задняя части лопатки. Результаты длительного эксперимента с ГТД небольшого размера, проведенные в лаборатории, показали, что основные элементы турбины были защищены при температуре перед турбиной на 100℃ выше, чем расчетная.

Кроме того, в лаборатории испытывали осевой ГТД с температурой перед турбиной 850℃ *и* мощностью 100kВт, для которого была применена технология ISCC. В результате эффективность турбины выросла на 2% (было 12% стало 14%), а мощность увеличилась на 42%.

Покрытие по технологии ISCC - это достижение современных техонологий для наращивания высоко-теплоизоляционных и устойчивых к окислению оксидных слоев на детали газовых турбин при эксплуатации.

Сохранение эффекта модифицирования в магниевых сплавах

Кипин И.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Моисеев В.С.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
smallville.hi@mail.ru

Магний – широко распространенный в природе элемент. Его относят к числу «молодых» цветных металлов.

Из-за хороших литейных и механических свойств магниевые сплавы служат основой для их широкого использования в самолето- и автомобилестроении. Для изготовления в массовом производстве отливок определенного типа, к которым относятся, тонкостенные корпуса, а также отливки для обеспечения силовой связи отдельных элементов ракетных снарядов и высоконагруженных деталей двигателей.

В работе мы рассматриваем ряд вопросов получения сплавов, их приготовления и улучшения эксплуатационных свойств сплава на основе магния.

Одним из ключевых вопросов является способность приготовленного расплава сохранять "эффект модифицирования" на протяжении длительного времени.

Приготовление расплава проводилось по отработанному и утвержденному технологическому процессу на производстве АО"ММЗ"АВАНГАРД". Основными этапами процесса приготовления расплава являются операции модифицирования, дегазации и защита расплава от взаимодействия с кислородом:

1. В качестве модификатора использовался фреоном-12 в течение 8 минут.
2. Дегазация проводилась аргоном непрерывно в течение 10 минут.
3. Защитная среда обеспечивалась на всем протяжении приготовления расплава с помощью Элегаза.

При проведении экспериментальных плавок использовалось три различных состава шихты: 100% свежий чушковой сплав МА8Цч, свежий чушковой сплав МА8Цч и собственный возврат сплава в процентном соотношении 50:50 % и 100% собственный возврат сплава.

После заливки экспериментальных образцов их подвергали термообработке по режимам Т4 и Т6. После чего на данных образцах проводились: химический анализ, рентгеновский контроль, механические испытания и металлографический анализ, по результатам которых были получены результаты подтверждающие предположение о том, что "эффект модифицирования" действительно сохраняется на протяжении длительного времени. Об этом свидетельствуют результаты химического анализа, механических испытаний, фотографии микро- и макрошлифов, а показания рентгеновского контроля показывают, что в образцах нет скрытых дефектов.

Внедрение в производство системы SprutCAM

Киселев М.О.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Калачев О.Н.
ЯГТУ КИ ТМС
kiselev.mixail.1995@mail.ru

Отечественная система SprutCAM нацелена на моделирование траектории движения режущего инструмента, создания управляющих программ для станков с ЧПУ. В этой системе есть возможность активно пользоваться такой особенностью, как получение циклов под конкретные марки стоек ЧПУ на 3,4 и 5 координатных станках. Эта система позволяет заниматься непосредственно оптимизацией технологии самого процесса обработки, с целью снижения трудоемкости и повышения качества проделываемых операций.

В ходе исследовательской работы было произведено построение в программе AutoCAD 3D-моделей различных типовых деталей. Получившиеся модели импортируем в систему SprutCAM. Заходим в меню «Модель», выбираем команду «Импортировать» и выделяем файлы деталей, при этом модели покажут, если они готовы к импорту. Далее

назначаем станок, на котором будет производиться фрезерование. Теперь нужно выбрать операцию, с помощью которой будет произведена обработка деталей, указывая в параметрах диаметр и длину вылета режущего инструмента, а также назначаем параметры обработки (шаг по оси Z, на который будет опускаться фреза с каждым проходом, количество проходов).

Следующим шагом будет выбор рациональной траектории инструмента; в меню «рабочее задание» определяем поверхности, по которым будет вестись механообработка для черновой и чистовой операции различных стратегий таких как: построчная, послойная, управляемая. Каждая из стратегий будет создавать свою траекторию, деталь будет обрабатываться по-разному и с разных сторон и углов. При этом качество поверхностей и количество времени на каждую стратегию будут разными. К примеру, движение инструмента в послойной стратегии будет осуществляться по спирали от центра и горизонтальными ходами, в построчной зигзагом от начала заготовки вертикальными ходами. Нажимаем команду «Пуск», производится расчет траектории инструмента. В меню «Моделирование» можно посмотреть, как будет проходить обработка и если нужно внести коррекцию, как в самом инструменте, так и в траектории.

После этого можно приступить к созданию управляющей программы. С этой целью нажимаем на панели «Технология», открывается окно, в котором выбираем необходимую команду «Постпроцессор». Далее выбираем постпроцессор под конкретную стойку ЧПУ, с тем расширением готовой программы, которая требуется, нажимаем пуск и генерируются кадры УП. Также можно отметить наличие такого модуля как СПРУТ-ТП, служащего для разработки автоматизированного проектирования и нормирования технологического процесса, а также спецификации изготовления различных деталей.

Следует отметить модуль импорта, который сделан в этой системе достаточно хорошо, богатый выбор внешних CAD систем, из которых можно передать 3D- модели без большой потери геометрии.

Таким образом, отработанная методика проектирования траекторий режущего инструмента и создания управляющих программ под конкретную систему позволяет решать типовые задачи на производстве, сокращая трудоемкость работы и обеспечивать повышение производительности труда.

Применение метода направленно-последовательного затвердевания (метод Храмова) в авиационной промышленности при производстве отливок типа «барабан» из магниевых сплавов

Клюев А.О.
Научный руководитель – доцент., к.т.н. Телицына О.В.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
lord-522@mail.ru

В настоящее время при производстве отливок из магниевых сплавов применяют метод литья в кокиль, при этом данный способ включает в себя технологический напуск, и как следствие - высокий расход металла. Метод направленно-последовательного затвердевания исключает применение технологического напуска.

Сущность способа заключается в том, что жидкий металл во время заливки поступает в форму через трубки-стояки. При этом форма опускается вниз, а трубки-стояки остаются неподвижными, благодаря чему жидкий металл все время заполняет вышележащие участки формы. Жидкий металл из литниковой чаши через трубки-стояки поступает в металлоприемник формы, затем по мере повышения уровня - через колодцы непосредственно в полость формы.

Достоинством способа является возможность регулирования подачи расплава в форму, вследствие чего можно успешно бороться с возникновением турбулентных потоков на выходе из стояка. Погружение нижних концов трубок ниже уровня металла, залитого в форму, служит дополнительным средством, способствующим достаточно спокойному заполнению формы и получению отливок, незначительно загрязненных неметаллическими включениями. Однако расплав поступает в форму почти на уровне

зеркала залитого металла и вместе с повышением уровня зеркала происходит непрерывное повышение и местоположения ввода жидкого металла. Следовательно, также как при применении верхней литниковой системы, обеспечивается повышение температуры залитого металла в направлении снизу вверх, а тем самым и последовательное затвердевание в том же направлении.

Направленно-последовательное затвердевание отливки, являющееся основным достоинством данного метода, исключает образование усадочных раковин и почти не требует применения верхних прибылей. Наконец, непрерывное поступление жидкого металла на уровне зеркала исключает возможность образования незаливов и позволяет получать отливки неограниченных по высоте размеров.

Описанный способ литья дает возможность получать изделия весьма значительной высоты при разной толщине стенок, которые ранее цельнолитыми получить не представлялось возможным. При этом, как правило, не наблюдается анизотропии свойств, так как формирование тонкостенной отливки идет на всех участках в равных условиях при достаточном питании.

Для данного метода на кафедре под руководством профессора Неуструева А. А. была разработана методика расчетов технологических параметров литья и применима для отливок типа “барабан” из магниевых сплавов методом последовательного затвердевания. По данной методике были произведены расчеты отливки типа “барабан” с использованием программных средств.

Перспективы использования некоторых солей оксидов переходных металлов для повышения механических свойств алюминиевых литейных сплавов

Колотий Д.Д., Шляпцева А.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ряховский А.П.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
castingtlp@mati.ru

Модифицирование силуминов переходными металлами, такими как Ti и Zr, позволяет улучшить структуру и повысить механические свойства сплавов за счет измельчения α-твердого раствора. Традиционно ввод данных элементов в расплав осуществляется в составе солей, таких как K_2TiF_6, K_2ZrF_6. Данные соли при одиночном их использовании или в составе комплекса солей оказываются эффективными модификаторами, единственным недостатком которых является их дороговизна.

Более доступным могло бы оказаться введение переходных металлов в расплав из солей их оксидов, которые не являются дефицитными и обладают сравнительно малой стоимостью. Однако этот способ вызывает технологические трудности, связанные со сложностью восстановления модифицирующего элемента в расплаве из его оксида.

Решение этой задачи даст возможность модифицирующий флюс для силуминов, являющийся более конкурентоспособным в сравнении с относительно дешевым, но не технологичным стандартным натрийсодержащим флюсом.

Для исследования возможности перехода в расплав алюминия модифицирующего элемента из оксида был выбран диоксид титана. Проводились исследования на чистом алюминии по извлечению титана в расплав из опытной модифицирующей смеси, содержащей диоксид титана и криолит (Na_3AlF_6). Известно, что использование криолита необходимо для восстановления титана из TiO_2. Криолит выполняет роль катализатора и частично растворяет TiO_2. При этом натрий не переходит в расплав, тем самым, не ухудшая литейные свойства сплава. Исследовалось извлечение титана в зависимости от температуры ввода опытного состава, процентного соотношения компонентов в нем и его состояния (предварительно спеченный или не спеченный).

Результаты исследований показали, что наибольшее количество титана переходит в алюминий (6,13%) при введении смеси, содержащей 50% TiO_2 + 50% Na_3AlF_6 при температуре 850°С. При одиночном введении диоксида титана в расплав алюминия отсутствует переход титана в чистый алюминий.

В дальнейшем исследования по созданию нового модифицирующего комплекса проводились со смесью солей TiO_2 + Na_3AlF_6 + BaF_2 + C (графит) на сплаве АК12. В качестве дополнительных компонентов смеси предложена соль BaF_2 - источник поверхностно-активного элемента Ba, который может являться модификатором эвтектического кремния, а также графит – дополнительный восстановитель и источник углерода для создания ультрадисперсных соединений с титаном. Опытная смесь вводилась в сплав АК12 при температуре 800^0C.

Наибольшие механические свойства сплава АК12 были достигнуты при совместной обработке силумина смесью солей TiO_2 + Na_3AlF_6 + BaF_2 + C (по сравнению с исходным сплавом относительное удлинение больше почти в 2 раза, что составляет 4,17%, предел прочности больше на 10МПа). Механические свойства полученного сплава, оказались близки по свойствам сплаву, модифицированному составом, содержащим соль K_2TiF_6 (по сравнению с исходным сплавом относительное удлинение больше в 2,3 раза, что составляет 4,75%, предел прочности больше на 30МПа).

Полученный опытный состав на основе диоксида титана, является перспективным для разработки недорогого и эффективного комплексного флюса для силумина. В дальнейшем планируется проведение работ по уточнению состава и технологических параметров обработки расплава опытным модифицирующим комплексом.

О возможности применения высоких гидростатических давлений для исследования сопротивления деформации металлов

Комаров Р.С.
Руководитель – профессор, д.т.н. Федоров А.А.
МАИ каф. ТОМД
Rooney-090@rambler.ru

Среди методов исследования пластического формоизменения металлов в управляемых наблюдателем условиях важное место занимает установление закономерностей взаимосвязи сопротивления деформации с температурой, степенью и скоростью деформации.

До настоящего времени полученные таким образом соотношения между варьируемыми условиями для большинства металлов и сплавов являются достаточно приближенными, т.к. установлены не активным взаимодействием с образцом, а путем математической обработки данных.

Использование таких сведений в составе математических моделей пластического формоизменения вносит существенную ошибку в конечный результат. Вот почему усилия ученых всегда были направлены на совершенствование эксперимента и, в первую очередь, на обеспечение при испытаниях высоких однородных деформаций образцов. В наибольшей степени это удалось путем осадки образцов с торцовыми цилиндрическими выточками. Степень деформации при испытаниях по условиям ГОСТ 25.503-97, Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие, достигает 14-16%.

На кафедре «ТОМД» запатентованы ряд установок, предусматривающих, путем использования высоких гидростатических давлений, возможность управления показателем напряженного состояния при пластическом течении и, таким образом, гарантировать высокую степень деформации без разрушения для исследуемых металлов.

По-существу это инновационные пластометры. В процессе эксперимента удается управлять температурой, степенью и скоростью деформации. Возможны испытания на кручения (K=0), растяжение (K=1) и сжатие (K=-1).

Теоретической базой для создания установок послужила гипотеза Людвика о единой кривой течения, а сами конструкции разработаны на основе богатого опыта в области горячего гидропресования широкой номенклатуры сплавов, применяемых в авиационной промышленности. К пластометрам указанные установки можно отнести, в первую очередь, из-за возможности управлять скоростью деформации и температурой в диапазонах имеющих место в реальных процессах обработки металлов давлением.

К настоящему времени предложены уравнения связи сопротивления деформации с температурой, степенью и скоростью деформации для двенадцати сплавов авиационной номенклатуры, среди которых алюминиевые, титановые и жаропрочные сплавы на никелевой основе.

Роботизированный участок мойки металлических листов

Кочнева В.Д., Полещук С.Л.
Научный руководитель – доцент, к.т. н. Чесных П.П.
МАИ, каф. ММК
Veronikakochneva@yandex.ru

Повышение производительности труда является одной из актуальных проблем современной отечественной промышленности. Эта проблема особенно важна на подготовительном производстве, где много ручного труда и тяжелые условия производства. В данном случае известные решения не применимы, т.к. участок расположен в старом здании, оборудование установлено капитально и применение транспортеров исключено. В настоящей работе было необходимо механизировать в действующем производстве на базе промышленных роботов процесс освобождения листов от технологической смазки в состоянии поставки , выполняемый вручную в следующей последовательности: взять из стопы стальной лист толщиной 1…1.5 мм, шириной 1000 мм и длиной 2000 мм; перевернуть вертикально и поставить в рольганг-приемник моечной машины на высоту 750 мм, После мойки в течение 60 сек., по выходе из машины сбрасыватель сталкивает лист в накопитель, куда лист падает горизонтально. Накопитель установлен на полу, откуда его кладут на стол гильотинных ножниц. Листы поступают в стопе по 450…500 шт., смазанные маслом. Отмывка производится пароводяной смесью температурой около 80 0 ...120 0С. Масса листов около 11…13 кг. Работница в клеенчатом фартуке, нитяных и поверх резиновых перчатках. Лист выскальзывает, что приводит к травмам. За день работница перемещает до 4-х тонн груза. Для решения этой задачи была разработана концепция механизации процесса с применением двух роботов-манипуляторов пантографного типа ПРГ-1. Разработана структурная схема механизма поворота кисти, содержащей вакуумные присоски. Теоретически определено необходимое усилие для удержания объекта манипулирования (ОМ) в различных положениях. Выбран тип присоски и способ создания разряжения в ее внутренней полости путем прижатия к ОМ. Экспериментально определены усилия прижатия присоски и время удержания ОМ. Время удержания листов массой 10.8 кг. в горизонтально 160…180 сек., вертикально до 120 сек. , что вполне достаточно для цикла работы. В эксперименте использованы динамометры Токаря, весы, секундомеры. Совпадение результатов экспериментов с теоретическими хорошее. Определено количество присосок на захватном устройстве (ЗУ) и механизм освобождения ОМ для установки его на позицию. Разработаны рекомендации к внедрению разработанной схемы на заводе им. Морозова.

Применение системы динамического управления ресурсами в имитационном моделировании

Кузина С.М.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Галкин В.И.
МАИ, каф. ТОМД
bart_spa@mail.ru

В данной работе представлена методика управления объемом складских запасов на производстве, основанная на совмещении двух подходов к имитационному моделированию:

1. процессно-ориентированного;
2. системно-динамического.

Методика реализована с помощью системы AnyLogic на примере производственного предприятия.

Постановка задачи

Предприятие планирует производить продукцию путем штамповки с дальнейшей термической и механической обработкой. Для выполнения производственной программы необходимо своевременно обеспечивать производственную линию покупными металлическими заготовками. Закупка заготовок производится 1 раз в месяц.

Важным требованием является соблюдение оптимальных складских запасов, исключая «замораживание» денег на складе. В условиях непостоянного спроса на продукцию, невозможно установить равные размеры ежемесячных заказов. Необходимо разработать систему управления объемом запасов, позволяющую ежемесячно рассчитывать оптимальный размер заказа поставщику, который позволит исключить дефицит заготовок и превышение допустимого объема запасов.

Результат

С помощью AnyLogic построена имитационная модель производственного процесса, которая отражает основные этапы: выдача заготовок в цех, штамповка, термическая обработка, механическая обработка. Для построения имитационной модели использован процессно-ориентированный подход.

Систему управления ресурсами разработали на основе ПИ-регулятора (с пропорционально-интегральным законом управления). Для этого на основную диаграмму производственного процесса, представляющую собой систему массового обслуживания, добавлен ПИ-регулятор, являющийся динамической системой, математическая модель которого описывается одним алгебраическим и двумя дифференциальными уравнениями.

Дополнительно добавлен элемент «Событие», который моделирует процесс формирования заказов поставщику.

При запуске имитационной модели параллельно проходит два процесса:

1. производство продукции;
2. непрерывный анализ остатков на складе.

Исходя из заданных условий по объему производства, времени задержки заготовок на каждом этапе, интервалу допустимых значений объема заготовок происходит автоматический расчет оптимального размера заказа. Размер каждого заказа позволяет поддерживать количество заготовок на складе между минимальным и максимально допустимым значениями. Информация о размере заказа один раз за установленный период передается в элемент «Событие». На начало следующего периода объем запасов увеличивается в соответствии с формированным заказом. Все исходные данные могут варьироваться.

Применение имитационного моделирования для решения подобных задач эффективно как для функционирующих предприятий, так и для проектируемых, которые еще не владеют достаточной информацией о спросе на продукцию.

Анализ систем подготовки управляющих программ, для изготовления детали пилон

Кузнецов Е.Г.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Игнатов М.П.
МАИ, каф. ТПиПДЛА
kuznecov.zhenek@gmail.com

Применение систем подготовки управляющих программ позволяет уменьшить трудоемкость техпроцесса, а так же повысить качество обработки деталей.

Настоящая работа посвящена анализу альтернативных систем,предназначенных для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ.Анализ проводился на примередетали «Пилон», изготавливаемой на базовом предприятии. Основная задача – выбор оптимальнойсистемы подготовки УП для фрезерования данной детали, а так же дальнейшего использования выбранной системы на предприятии.

Для решения поставленной задачи применен метод индивидуальных экспертных оценок. На основании ряда особенностей обрабатываемой детали формируется множество

альтернативных решений, выделяются критерии их оценки, шкала оценки и определяется суммарное значение балов, которое в итоге позволит принять решение.

В качестве альтернативныхсистем подготовки управляющих программ, выбраны следующие варианты: система NXCAM;система SprutCAM;система MasterCAM.

На основании анализа преимуществ и недостатков рассматриваемых вариантов выработаны критерии их оценки:

– доступность CAMсистемы (легкость обучения, простота интерфейса, наличие тех. поддержки);
– симуляция обработки;
– возможность добавления баз данных (инструмент, оснастка и т.д.);
– адаптация системы к станочному парку;
– обработка по 3Dмодели;
– возможности токарной обработки;
– возможности фрезерной обработки;
– интеграция системы с другими программами;
– возможность расширения системы (дополнительные модули системы);
– стоимость программного пакета.

По результатам экспертного анализа определено решение: наиболее полно удовлетворяющее заданным требованиям (критериям) для подготовки управляющей программы при изготовлении детали «Пилон» рекомендована системаSprutCAM.

Исследование возможности аппаратной реализации нечётких регуляторов

Максимова Н.А., Чжо Мин У
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Чёрный С.П.
КнАГТУ, каф. ЭАПУ
nannimax@mail.ru

Основные функции, возлагаемые на интеллектуальные системы,это решение задач управления. Однакорешение таких проблем сопровождается целым рядом дополнительных параллельных им задач, при реализации которых положительный результат возможен только при правильном выборе методовсинтеза сопутствующих систем прогнозирования, мониторинга, диспетчерского управления и т.п. Наиболее распространенными методиками, с помощью которых решаются задачи управления, являются экспертный и фактографический подходы. Фактографические методы опираются на математический инструментарий, поэтому превосходят экспертные в точности, но в значительной мере уступают им в условиях наличия неопределенности в исходной информации. Кроме того, необходимо учесть, что из-за сложности реальных систем неопределённость имеет более общую природу, и поэтому необходимо учитывать все возможные параметры, влияющие на поведение таких систем. В этом случае целесообразно использовать комбинированные методы с применением теории нечёткой логики, которая направленна на формализацию и обработку неопределенной информации.

В основном задачи интеллектуального управления, решаемые на основе теории нечетких множеств, реализуются программно, однако программный способ мало эффективен в применении к требовательным нечетким системам с малыми размерами и высокой скоростью выводов, поэтому существенный интерес представляют программно-аппаратные решения со смещением акцентов в направлении аппаратной реализации регуляторов, основанных на интеллектуальных принципах. Следует учесть, что для задач управления и прогноза подходят аналитические, обучаемые и многокаскадные нечёткие регуляторы, и, так как сложные системы зачастую оперируют качественными параметрами, то рационально использовать сочетание нечетких логических выводов Мамдани и Сугено. Также стоит отметить, что аппаратная реализация на основе многокаскадного нечеткого регулятора позволит ввести в рассмотрение модульный принцип проектирования систем встроенного контроля в различных предметных областях и технологиях управления, мониторинга и диспетчеризации.

Архитектура интеллектуальных систем часто совмещает в себе реализацию целого ряда задач прогноза, планирования и управления, решение которых представляет собой существенную сложность. Известно несколько способов реализации аппаратного подхода для таких систем, одним из них является использование микроконтроллера, который объединяет в себе произвольный доступ и память со схемой связи на одном чипе. Другим способом является подключение универсального микропроцессора общего назначения для одного чипа - сопроцессора, который выполняет все операции необходимые для нечетких выводов.

Недостатками аппаратной реализации являются её малая распространённость и высокая цена; сложность выбора стратегии реализации условий хранения и вычислительных ресурсов, которые будут необходимы; потребность учитывать факторы, которые определяют время разработки и конечную стоимость системы. Наиболее трудоёмким является этап логического вывода. На текущий момент рынок производителей такого рода систем представлен целым спектром крупнейших компаний, среди которых можно выделитьOmronи Siemens. Выбор этих производителей обусловлен доступностью на рынке, логистикой и хорошим сервисным обслуживанием.

Таким образом, учитывая вышеописанные способы, существует ряд технических решений, например, FP-3000 компании Omron и SAE 81C99 компании Siemens, которые подходят для аппаратной реализации. Беря во внимание технические характеристики, наиболее рационально использовать FP-3000, так как с точки зрения разрядности нечёткого процессора, реализации и скорости нечёткого вывода он намного превосходит нечёткий процессор SAE 81C99, но вместе с тем существенно уступает ему в количестве входов/выходов и возможных правил, поэтому при реализации системы нечёткого управления с применением аппаратного подхода необходимо учитывать специфику поставленной задачи.

Формирование и оптимизация управляющей программы многоосевого фрезерования в среде "CATIA"

Меринов А.Е.
Научный руководитель – к.т.н., проф. Стржемечный М.М.
Московский политехнический институт, каф. ТиОМ
andrei.merinov@mail.ru

В современном производстве в достаточно значимой степени опираются на станки с ЧПУ. Вместе с тем их эффективная эксплуатация требует эффективного управления.

Уменьшение серийности, а также увеличение номенклатуры выпуска продукции, ведет к необходимости быстрого изменения управляющих программ в соответствии с поступившими изменениями. Разработка управляющей программы с «нуля» это далеко не самый эффективный метод. Необходимо по максимуму использовать предыдущие наработки.

От CAM системы требуется наличие способов проверки программ на столкновения и зарезы. Это позволяет существенно упростить процесс и сократить сроки внедрения УП на станке, так как станок должен использоваться для выпуска продукции в максимальной степени. Время его переналадки и тем более простои в результате поломки, дорого обходятся предприятию. Поэтому необходима проверка УП вне станка с учетом всей технологической системы на основе G-/M- кодов.

Одним из популярных решений в области CAM является система CATIA-комплексное CAD/CAM/CAE-решение для конструкторско-технологическогой подготовки производства. Система успешно применяется на предприятиях авиакосмической отрасли и автомобилестроения, в судостроение и энергетике, в производстве медицинского оборудования, в сфере станкостроения и машиностроения.

Формирование УП в средеCATIAпроизводится в несколько этаповна основе электронной модели операционной заготовки. Которая содержит не только геометрию и операционные размеры, но также в электронной модели операционной заготовки

указываются режимы резания, режущий инструмент для каждого перехода, схемы базирования и установки.

Анализ геометрии. Этот этап необходим, если модель создавалась не технологом, а получена она от конструктора или иного заказчика. На этой ступени анализируются размеры детали, габаритные размеры элементов (ширина пазов, диаметры отверстий и др.).

Иногда необходима подготовка электронной модели операционной заготовки к обработке, на этом этапе можно удалить элементы, которые будут изготавливаться на других операциях, добавить припуски, уклоны, изменить элементы модели с учетом полей допусков и т.п. По факту это CAD операция для CAM задач. Правильный подход-это вносить изменения не в саму конструкторскую модель, а ее копию.

После чего, идет этап проектирования или редактирования операций обработки. После чего, производят генерирование траектории движения инструмента, причем оно может осуществляться сразу для нескольких операций.

Проверка траектории требуется для того, чтобы обнаружить возможные проблемы, например столкновения инструмента с оснасткой или подрезы детали. В CATIA CAM имеется несколько модулей проверки траектории движения, к ним относится и симуляция работы станка, осуществляемая в кодах УП.

Анализ организации производства колец статора ГТД в связи с вопросами импортозамещения

Кушнарёв А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Хопин П.Н.
МАИ, каф. 405
kushnarev1980@inbox.ru

В связи с прекращением партнерских отношений с Украиной в 2016 году перед предприятием НПЦГ «Салют» поставлен вопрос о расширении основного ряда производственных задач.

В рамках решения данного вопроса произведен анализ организации производства колец статора ГТД.

В результате анализа выявлены основные факторы, мешающие производству. Планирование происходит по фактической нехватке деталей сборочных единиц (ДСЕ) в группе сборки, по этой причине производят постоянные переналадки для изготовления других деталей, а также не поступает вовремя необходимый инструмент. Ремонт и обслуживание оборудования производится несвоевременно, увеличивая сроки простоев из-за поломок. Контроль за процессом производства непостоянный, производится при явной неуспеваемости участка.

Для оптимизации производственного процесса разработана программа, включающая в себя таблицы отслеживания загрузки оборудования: таблица круглосуточного контроля, таблица анализа полученных данных, таблица готовых деталей сборочных единиц (ДСЕ). На основе данных из этих таблиц становится возможным:

– произвести ежеквартальное планирование с возможностью гибкой системы сдачи готовых узлов, в результате чего появится возможность увеличить количество изготовляемых деталей за одну переналадку, снизить затраты времени на переналадки, снизить количество переналадок, сформировать задел;

– собрать статистику поломок оборудования, периодичность, виды неисправности и сроков устранения, что даст возможность понять какие запасные части необходимо держать в запасе для каждого станка, выявить слабые места станков для оптимизации нагрузки и сведения к минимуму вероятность выхода из строя оборудования;

– своевременно перемещать сотрудников в рамках завода, не срывать производственный процесс при внезапном отсутствии работника.

В результате анализа базового технологического процесса предложены операции, альтернативные действующим. Планируемым результатом реализации данной программы является разработка и внедрение оптимального плана запуска изготовления продукции, а

также оптимизация действующего технологического процесса, что позволит решить актуальный для предприятия вопрос импортозамещения.

Сравнительный анализ методов литья корпусных тонкостенных отливок из легких сплавов

Митрохин А.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Бережной Д.В.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
one-t800@yandex.ru

Сложность производства тонкостенных крупногабаритных отливок заключается в необходимости создания условий направленно-последовательной кристаллизации, т.к. если условия не будут соблюдаться, то в теле отливки возникнут неисправимые дефекты в виде недолива, усадочных пор из-за быстрого отвода тепла или наличия теплового узла внизу отливки (при литье в кокиль), подутости (при литье в холодно-твердеющую смесь (ХТС)), коробления или избыточных напряжений.

Целью данной работы было выявление преимуществ и недостатков различных методов литья (в кокиль, под низким давлением (ЛНД), с использованием центробежного насоса для подачи металла и по принципу направленно-последовательной кристаллизации на специальных протяжных машинах (метод В.Д. Храмова)) для изготовления крупногабаритных тонкостенных отливок из лёгких сплавов путём моделирования литейных процессов и сравнения микроструктуры, возникших напряжений и соблюдения направленно-последовательной кристаллизации. Также было проведено сравнения эффективности различных литниково-питающих систем (ЛПС), а именно вертикально-щелевой, нижней (сифонной) и ЛПС с прилитыми колодцами.

Для проведения сравнительного анализа процессов заполнения создавались 3D модели отливок и оснастки, требуемой для их получения, в инженерно-графической системе SolidWorks, и задавались начальные, граничные и контактные условия, а также другие параметры расчета, определяющие процессы заполнения и кристаллизации отливок, в системе компьютерного моделирования (СКМ) ProCAST компании ESI Group. СКМ «ProCast» по общим оценкам является наиболее эффективной системой компьютерного моделирования литейных процессов и отличается высокой достоверностью результатов расчета и широким диапазоном моделируемых явлений.

В результате, после расчёта процесса заполнения и охлаждения отливки, были проанализированы скорость заполнения, образование твёрдой фазы во время заливки и охлаждения отливки. Были выявлены ЛПС и методы литья, которые позволяют получить отливку с наименьшим количеством дефектов и места, где будут образовываться недопустимая пористость и напряжения, и как следствие, разработаны методы для устранения данных недостатков в отливке.

На сегодняшний день наиболее выгодным методом изготовления корпусных отливок является литьё по принципу направленно-последовательной кристаллизации на специальных протяжных машинах (метод В.Д. Храмова). Данный способ, за счёт того, что самый горячий металл находится сверху, позволяет соблюдать принцип направленно-последовательной кристаллизации и как следствие, снизить вероятность брака в теле отливки. Но он не выгоден с экономической точки зрения, т.к. установка для этого метода литья достаточно дорогая.

Автоматизация голографического процесса оценки качества упругих элементов приборов

Младшев М.Д.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Шанин В.И.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
mm@ai-engineering.ru

Голографический процесс с точки зрения автоматизации и применительно к решению контрольно-измерительных задач можно представить в виде трех этапов:

- автоматизации экспонирования светочувствительной среды и получения интерферограмм;
- автоматизация погружения исследуемого объекта;
- автоматизация расшифровки интерферограмм.

Целью автоматизации экспонирования и синтеза интерферограмм является получение оптимальных параметров голограммы. Она решается путем оптимизации режима экспонирования светочувствительной среды. Достигается это либо за счет фиксированного времени экспонирования с учетом чувствительной среды и соотношения опорного и предметного пучков лазерного света, либо за счет использования эффекта скрытого изображения в процессе голографирования.

Успех решения технических задач как в машиностроении, так и в приборостроение методами голографической интерферометрии в значительной степени зависит от правильного выбора характера и вида нагружения исследуемого объекта

В ходе работы были разработаны с учетом максимальной чувствительности обобщенная структурная схема системы оценки качества изготовления упругих элементов приборостроения, методики проведения контроля и приспособление для нагружения контролируемых изделий. Для повышения объективности оценки качества изготовления упругих элементов при разработке конструкции приспособления, принималось во внимание физический принцип работы элемента и эксплуатационные условия его работы.

При оценке качества изделий методами голографической интерферометрии процесс расшифровки составляет наиболее трудоемкую часть, для этого необходимо провести следующие операции: восстановить изображение объекта и перенести интерферограмму на дисплей:

- измерить на каждой интерферограмме координаты центров интерференционных полов;
- провести интерполяцию целочисленных порядков;
- решить систему линейных уравнений связывающие искомые компоненты вектора перемещения с порядками полос.

Эти операции достаточно трудоемки и поэтому они решаются с помощью автоматизированных систем получения и обработки информации.

Автоматизация здесь идет в направление разработки алгоритмов, программ обработки и аппаратного решения.

За основу оборудования при проведении оценки качества была взята измерительная голографическая установка УИГ-2М. Она предназначена для измерения нормальных перемещений поверхностей диффузио-отражающих объектов, а также для бесконтактного измерения линейных размеров неподвижных объектов произвольной формы по их восстановительному действительному изображению

Особенности дуговой сварки биметаллических материалов, изготовленных из разнородных сталей

Монастырских М.С.
Научные руководители – доцент, к.т.н. Степанов В. В., профессор, к.т.н. Федоров С.А.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
maksim.monastyrskikh@gmail.com

В настоящее время биметаллические материалы находят достаточно широкое распространение при изготовлении конструкций в различных отраслях машиностроения. Так, например, в атомной и нефтехимической отраслях данные материалы используются при необходимости обеспечения требуемого комплекса функциональных свойств, например, защиту от окислительной среды или температуры, при минимальной себестоимости изделия. Для таких целей, как правило используют биметаллические материалы на основе сталей, внутренний слой небольшой толщины обычно выполняется из дорогой коррозионно стойкой стали, а внешний, находящийся вне действия агрессивных сред, – из дешёвой стали, обеспечивающей прочность конструкции.

Использование таких биметаллических материалов при изготовлении крупногабаритных конструкций осложняется необходимостью соединения деталей и узлов между собой методами сварки плавлением. В случае сварки таких материалов за один проход происходит формирование общей сварочной ванны, имеющий состав, как правило, не обеспечивающей необходимую защиту от агрессивных сред. В связи с этим более предпочтительным является использование многопроходной сварки, при сварки каждой из сталей используются различные присадочные материалы. Однако, в данном случае наложение слоёв металла сварочного шва может приводить к появления пограничных слоёв, имеющих структурный состав, резко отличающийся от основного металла, и приводящий к появлению остаточных напряжений.

В связи с этим, при анализе свариваемости биметаллических материалов необходимо проводить оценку фазового состава металла шва и определять технологические приёмы для устранения остаточных напряжений. На примере сварки облицовочной плиты шахты из биметаллического материала, состоящего на основе низколегированной стали 09Г2С и плакирующего слоя нержавеющей стали 12Х18Н10Т, были рассмотрены особенности оценки фазового состава металла шва. Для этого с использованием диаграммы Шеффлера был определён фазовый состав каждой из зон сварного соединения и было установлено, что для переходной зоны характерна структура с повышенным содержанием мартенсита. В результате было определено, что сварку рассматриваемой конструкции целесообразно осуществлять в три этапа (первый – проварка основного слоя, второй – для формирования промежуточного слоя, третий – для формирования финишного защитного слоя), притом на этапе формирования промежуточного слоя целесообразно провести термообработку конструкции с целью снятия остаточных напряжений.

На основании проведённого исследования была произведена сварка образцов облицовочных плит металлургической шахты, изготовленной из биметаллического материала 09Г2С + 12Х18Н10Т. В качестве присадочной проволоки для сварки участка стали 09Г2С была выбрана проволока св08Г2С, а для участка стали 12Х18Н10Т – 07Х19Н10Б. Сварка осуществлялась в среде аргона с использованием источника питания 500DPP BRIMA по следующим режимам: I=160А, U=25В, $V_{СВ}$=6мм/с (основной слой) и I=165А, U=27В, $V_{СВ}$=7мм/с (переходная и защитная наплавка). При сварке производился предварительный и сопутствующий подогрев до температуры 150 ^{o}С. Испытания сваренных образцов осуществлялись с помощью капиллярного, радиографического и ультразвукового контроля. В результате наличие дефектов обнаружено не было, что свидетельствует о качественное формирование сварного соединения.

Экспериментальные методы определения температуры при сварке

Мухамадеев И.М., Низамов Р.А., Новиков А.В.
Научный руководитель – к.т.н. Беляев А.В.
КНИТУ-КАИ, каф. МСиПБ
alexey-beljaev@mail.ru

В настоящее время сварка является одним из основных технологических процессов получения неразъемных соединений во многих отраслях промышленного производства, в том числе в судостроении, авиа- и ракетостроении. Сваркой соединяют металлические и неметаллические материалы (титан, ниобий, бериллий, молибден, композиционные материалы, керамика) толщиной от нескольких микрон в микроэлектронике до нескольких метров при изготовлении деталей тяжелого оборудования, например, корпусов реакторов, сварных станин прессов и др.

В процессе сварки разные зоны сварных соединений могут нагреваться до различных температур, которые обусловливают формирование соответствующих структур и, следовательно, служебных свойств.

Для определения температуры при сварке применяются как расчетные, так и экспериментальные методы. Первые основаны на общем законе теплопроводности и подробно изложены в работах Фролова В.В., Петрова Г.Л., Багрянского К.В., Неровного

В.М. Такие расчеты реализованы в современных расчетных комплексах ANSYS, SYSWELD и др. Однако, часто характер теплового влияния и условия распределения теплоты в сварной конструкции сложны и неопределенны, что расчетное определение становится затруднительным. В этом случае применяются экспериментальные методы. Например, для измерения температуры в зоне термического влияния при сварке, скоростей охлаждения и др.

Наибольшее применение находят различные контактные и бесконтактные методы. Среди них тепловизоры, оптические пирометры, термопары, термощупы, термокраски, индикаторы температуры и т.д.

С появлением платформ для быстрой разработки и программирования электронных устройств «Arduino» распространение находит метод с регистрацией измеренных температур при использовании термопар, которые обеспечивают прецизионное измерение температуры при сварке. В этом случае достигается точность ± 0,1°С в широких диапазонах температур до + 1750°С. Максимальная частота дискретизации составляет 10 кГц, которой достаточно для измерений при большинстве способов сварки. Также могут применяться и другие аналоговые датчики, инфракрасные и калибруемые измерительные преобразователи с различной степенью защиты.

Распределение теплоты в различные моменты времени и удаленности от центра сварного шва позволяет спрогнозировать изменение структуры соединения, выбрать оптимальные параметры режима, назначить термическую обработку для улучшения служебных свойств и др.

Отметим, что правильным следует считать подход, когда применяются как расчетные, так и экспериментальные методы. Решение об их использовании принимается в зависимости от объекта исследования и постановки тепловой задач.

Применение композиционных материалов при изготовлении широкохордных лопаток вентилятора авиационного ГТД

Наветкин М.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ильинская О.И.
МАИ, каф. ТППДЛА
NikTevan@yandex.ru

Лопатки авиационного ГТД являются важнейшим элементом двигателя, определяющим его тяговые, экономические и шумовые показатели. Традиционные конструкции лопаток, а также материалы, используемые для их изготовления, достигли предела своих возможностей, и чтобы дальше развивать авиационную технику необходимо искать новые конструктивные решения и новые материалы.

В настоящее время полые широкохордные лопатки вентилятора изготавливают из титана. Такие лопатки позволяют уменьшить количество ступеней компрессора низкого давления, отказаться от антивибрационных полок, и уменьшить вес КНД в целом. Так же такие лопатки из-за своей кривизны обладают повышенной жёсткостью и оказываются достаточно прочными при попадании в двигатель посторонних предметов.

В отечественном производстве ведутся разработки новых перспективных материалов и технологий изготовления широкохордных лопаток вентилятора: композитные на основе углерод-углеродного волокна и металлокомпозитные (МКМ) полые титановые лопатки, армированные боралюминиевым волокном.

Композитные углерод-углеродные широкохордные лопатки обладают рядом преимуществ по сравнению с полыми титановыми: их удельный вес в 3 раза меньше, чем у титановых сплавов, они обладают большей прочностью и жесткостью в направлении армирования и др. Но такие недостатки, как повышенный износ связующего в условиях тропического дождя и сложности с обеспечением прочности при попадании посторонних предметов не позволили осуществить их внедрение в производство и эксплуатацию.

ФГУП «ЦИАМ» им. П.И. Баранова совместно с ФГУП «ВИАМ» разработали не имеющую аналогов технологию изготовления широкохордных МКМ лопаток вентилятора, армированных боралюминиевым волокном. Помимо увеличения удельной

прочности и жесткости, себестоимость производства таких лопаток окажется гораздо ниже, по сравнению используемой в настоящее время. Данная технология не требует применения уникального технологического оборудования, отсутствует необходимость применения вакуума и высоких температур. Технологический процесс не требует большого штата рабочих, достаточно одного, обладающего высокой квалификацией, работающего на прессе.

Разработка и внедрение в производство данных технологий, на наш взгляд, позволит создать научно-технический задел и обеспечить конкурентоспособность авиационных двигателей на ближайшие десятилетия.

Совершенствование конструкции электродов-инструментов для электроэрозионной обработки микроотверстий

Нгуен Тхань Зием
Научный руководитель – профессор, д.т.н Волгин В.М.
ТулГУ, каф. Электро- и нанотехнологий
Thanhdiem200191@gmail.com

В последние годы наблюдается всё более широкое использование микроотверстий в различных отраслях хозяйства, промышленности и других сферах деятельности человека. Традиционными методами обработки не всегда представляется возможным получить требуемые точность формы и размеров и обеспечить высокое микроотверстие.В настоящее время метод электроэрозионной обработки (ЭЭО) является одним из распространенных методов получения микроотверстий с большей точностью и качеством. Одной из разновидностей традиционной ЭЭО является микроэлектроэрозионная обработка (МЭЭО). Но применение МЭЭО не всегда является целесообразным;так, например:

1. при обработке глубоких микроотверстий может возникнуть вибрация электрода - инструмента (ЭИ) за счет силы, действующей на ЭИ при разряде.
2. труднено, удаление продуктов ЭЭО из межэлектродного промежутка (МЭП).

Из анализа литературных источников известно, что прокачка рабочей жидкости (РЖ) является одним из эффективных методов, позволяющих удалять продукты эрозии из зоны обработки [1]. При обработке глухого сквозного отверстия круглого сечения можно использовать электроды-инструменты, имеющие различную конструкцию.

Самым простым ЭИ для прошивания отверстий являетсяэлектрод циндрической формы.Однако при реализации МЭЭО разряд возникает в МЭП, который составляет 5…20 мкм,поэтому движение рабочей жидкости затруднено, и процесс удаления продуктов эрозии усложняется.Это снижает точность и производительность обработки.

Для устранения недостатков этих были исследованы варианты удаления продуктов МЭЭО на малых МЭП и былы использованы разные схемы ЭИ.

При прошивании отверстий в межэлектродном промежутке продукты эрозии будут концентрироваться у поверхности обрабатываемой заготовки. Так же, для улучшения процесса удаления продуктов эрозии рекомендуется использовать ЭИ со спиральными канавками, которые вращаются вокруг своей оси ЭИ.

По сравнению с ЭИ, изготовленным из сплошного прутка, данный ЭИ позволяет значительно улучшить условия эвакуации продуктов эрозии из зоны обработки.

Список литературы

1. Артамонов Б.А. Анализ моделей процессов электрохимической и электроэрозионной обработки. Ч.2 – М.: Машиностроение, 1991-140с.

2. Muthuramalingam, T., Mohan, B., &Jothilingam, A. (2014).Effect of tool electrode resolidification on surface hardness in electrical discharge machining. Materials & Manufacturing Processes, 29(11/12), 1374-1380.

Исследование влияния опытных модифицирующих составов на свойства сплава АК12 с целью разработки модификатора комплексного действия.

Никитин Е.А., Шляпцева А.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ряховский А.П.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
castingtlp@mati.ru

Широкое применение в литейном производстве алюминиевых сплавов получил сплав АК12. Сплав АК12 обладают хорошими литейными свойствами: высокой жидкотекучестью (820мм, спираль), небольшой объёмной (3,5%) и линейной (1%) усадкой, низкой горячеломкостью, а также удовлетворительными механическими свойствами. Он работает при температуре до 200 градусов С и применяется для производства сложных фасонных отливок.

Сплав применяется только в модифицированном виде. В немодифицированном сплаве АК12 кремний в эвтектике кристаллизуется в грубой игольчатой форме. Поэтому немодифицированный сплав АК12 обладает низкими механическими свойствами, особенно пластичностью. Для модифицирования сплава АК12 в промышленности применяется натрий, вводимый в расплав с помощью соли фтористого натрия, входящей в модифицирующие флюсы. Однако модифицирование натрием обладает рядом недостатков: низкой длительностью эффекта модифицирования (30-40 минут), повышенным газонасыщением сплава, возможностью перемодифицирования. Для устранения указанных недостатков необходим поиск новых флюсовых составов.

Так как сплав АК12 имеет сложный фазовый состав, то было решено, что его необходимо обрабатывать комплексным модификатором. Он должен содержать:

1. Поверхностно-активное вещество, которое измельчает и сфероидизирует кристаллы кремния в эвтектике. В качестве поверхностно – активного элемента выбран барий в виде соли фтористый барий.
2. Вещество, образующее дополнительные центры кристаллизации, для модифицирования зерен альфа - твердого раствора. В качестве такого элемента выбран титан в виде соединения диоксида титана.
3. Карбидообразующее вещество, образующее в расплаве ультрадисперсные карбидные частицы. С этой целью был выбран углерод в виде графита.

Для определения влияния состава опытного флюса на механические свойства сплава АК12 использовался метод математического планирования эксперимента. Выбраны уровни и интервалы варьирования исследуемых компонентов флюса. В качестве параметров оптимизации были выбраны предел прочности и относительное удлинение.

Анализ полученных математических моделей показал, что на предел прочности положительное влияние оказывает введение бария при его содержании на верхнем уровне. Повышение содержания углерода до верхнего уровня приводит к резкому понижению, как прочности, так и пластичности сплава АК12. Изменение концентрации титана в опытном флюсе не приводит к существенному изменению механических свойств сплава.

Максимальное значение прочности имеет сплав, обработанный составом, в котором титан и барий находятся на верхнем уровне, а углерод – на нижнем. Максимальное значение относительного удлинения получено на сплаве АК12, обработанный составом, в котором содержание всех исследуемых добавок было на верхнем уровне. Однако измельчение структуры во всех рассматриваемых случаях происходит неравномерно.

Самые низкие показатели по прочности и пластичности получены на опытном флюсе, в котором расчетное содержание титана и бария было на нижнем уровне, а содержание углерода – на верхнем. Микроструктура сплава характеризуется грубыми выделениями структурных составляющих.

По результатам исследований сделан вывод, что содержание углерода в опытном модифицирующем флюсе необходимо уменьшить до нижнего уровня, содержание титана ограничить на среднем уровне, а бария – в интервале между средним и верхним уровнями.

Повышение эффективности обработки изотермических штампов из материала ЖС6У на основе повышения точности процесса электроэрозионной обработки

Никишов С.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Рыкунов А.Н.
РГАТУ им. А.П. Соловьева, МСиПФ им. С. С. Силина
a1momg4@yandex.ru

Актуальной проблемоймашиностроенияявляетсясовершенствование прогрессивных методов размерной обработки деталей, позволяющих повысить точность, производительность и качество обработанной продукции. Одним из них является электроэрозионная обработка (ЭЭО), приобретающая все большее распространение. Так, ЭЭО стала одним из основных методов получения высокоточной продукции в авиадвигателестроении и инструментальном производстве, причем наблюдается тенденция все большего применения ЭЭО в основном производстве. Одним изпреимуществ применения ЭЭО является сокращение технологического процесса, позволяющее ускорить выпуск новых видов изделий. При производстве газотурбинных двигателей расширяющееся применение ЭЭО обусловлено также технологическими возможностями по обработке сложных поверхностей-форм элементов деталей, включая отверстия и углубления любой формы, фасонные, сложно-контурные поверхности и др.; эффективностью при обработке заготовок из практически любых сплавов, труднообрабатываемых другими методами; обеспечением требуемого состояния поверхностного слоя и высокой точности обработки; удобством технологической автоматизации. По широте использования в машиностроительном производстве ЭЭО занимает четвертое место после фрезерования, токарной обработки и шлифования.

Основы ЭЭО в нашей стране заложены Б. Р. Лазаренко еще в сороковые годы. Но и сейчас рекомендации по назначению технологических условий такой обработки носят экспериментальный и, зачастую, малообоснованный характер. Отсутствует даже чисто экспериментальная физико-математическая модель таких процессов, чтообъясняется ихсущественно нелинейным стохастическим характером. Из-за неустойчивости процесса ЭЭО снижаются его основные показатели (производительность и точность обработки), что приводит к повышенному износу электрода-инструмента. При этом на современных электроэрозионных станках широко применяется использование средств вычислительной техники, что позволяет управлять выходными параметрами процесса ЭЭО.

В соответствием с изложенным, а также в связи с реальными потребностями конкретного производства, целью работы является повышение точности изготовления изотермических штампов сложной конфигурации в условиях комбинированного применения механических и физико-технических методов обработки из весьма труднообрабатываемого жаропрочного хромоникелевого сплава ЖС6У, коэффициент обрабатываемости которого по отношению к конструкционным сталям ниже в 20 раз.

Для достижения поставленной цели на основе проведенных теоретико-экспериментальных исследований решены две основные задачи: установлены основные характеристики процесса, в наибольшей степени влияющие на точность формирования поверхностей детали; разработан алгоритм проектирования профиля инструмента (ЭИ).

Результаты исследований позволили разработать методические рекомендации по повышению точности обработки поверхностей детали на основе совершенствования проектирования профиля ЭИ, что определяет практическую значимость работы. Ее научная новизна заключается в установлении закономерностей, определяющих зависимость качества обработкиот параметров электроэрозионного разрушения, скорости подачи электрода-инструмента и от формы требуемой поверхности.

Далее планируется разработать полную математическую модель формирования поверхности детали с учетом режимов обработки, погрешности изготовления и износа инструмента, на основе которой довести работу до практического применения.

Трибологические свойства высокотемпературных твердых смазочных покрытий для элементов ГТД

Гурьев Э.Е., Николаев И.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ляховецкий М.А.
МАИ, каф. 205
Racer4500@yandex.ru

Использование твердых смазочных покрытий (ТСП) вместо традиционной жидкой смазки обычно связано с условиями работы пар трения: высокой температурой, при которой жидкие смазки разлагаются; высоким контактным давлением, которое приводит к «выдавливанию» масляной пленки из зоны трения; необходимость длительного хранения изделия в состоянии готовности к запуску и т.д. Кроме того, использование твердых смазочных покрытий снимает необходимость в использовании смазочной системы в изделии, что приводит к резкому снижению его стоимости.

В качестве перспективных объектов для применения ТСП являются лепестковые газодинамические подшипники (ЛГП) вспомогательных силовых установок (ВСУ), которые испытывают кратковременный износ при скольжении во время пуска и останова когда скорость и гидродинамическое давление недостаточны для получения развитой смазывающей пленки рабочего газа. Для ограничения износа лепестков и уменьшения коэффициента трения поверхности необходимо применение ТСП. В настоящее время, в отечественных ВСУ используются ЛГП с низкотемпературными ТСП на основе политетрафторэтилена, полиимида и полиамида, но повышение рабочей температуры до 650^{o}C, а, следовательно, и эффективности ВСУ, приводит к деградации таких покрытий. Таким образом, в настоящее время, необходимо решить задачу по разработке композиции и технологии получения высокотемпературного ТСП.

На данном этапе были разработаны ТСП различного состава на основе керамических матриц из оксидов алюминия и циркония с твердой смазкой на основе оксида молибдена (Mo_2O_3), полученный в результате окисления основного материала при воздействии температуры. В работе было проведено исследование морфологии и состава полученных покрытий, а также модельные испытания ТСП на машине трения. Полученные результаты сравнивались с покрытиями с составом сходным с зарубежными аналогами.

Экспериментальные исследования микрогеометрии лунок от точечных разрядов электрода при ЭЭО

Овчинников Д.В.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Моргунов Ю.А.
МосковскийПолитех, каф. ТиОМ
mitya.ovchinnikov.95@mail.ru

При проектировании операций, связанных с электроэрозионной обработкой, технолог сталкивается с задачей оценки производительности процесса. Это необходимо для оценки оптимальной скорости подачи инструмента, нормирования операции, а также для расчета необходимого количества оборудования.

При определении производительности процесса необходимо знать и учитывать такие параметры, как частота следования импульсов f, энергия импульса W, коэффициент зависящий от свойств рабочей жидкости $k_{ж}$, коэффициент, зависящий от материала электрода-инструмента$k_{ми}$, коэффициент, зависящий от параметров режима обработки$k_{р}$, коэффициент эффективности использования импульсов $k_{эи}$, а также коэффициент, учитывающий материал заготовки$k_{м}$.

Учитывая относительно небольшую номенклатуру наименований рабочих сред и материалов электродов, коэффициенты $k_{ж}$и $k_{ми}$часто не учитываются, а в качестве рекомендаций приводятся значения производительности с указанием состава среды и материала электрода. Значение коэффициента $k_{эи}$ зависит от условий отвода продуктов эрозии из межэлектродного промежутка. Однако значение коэффициента $k_{м}$,

учитывающего материалзаготовки,можно получить только экспериментальным путем. Полученное значение коэффициента $k_м$ позволяет реально оценить величину производительности обработки.

В данной работе проведены экспериментальные исследования по определению величины коэффициента $k_м$ для материала 12Х18Н10Т, а также выявлению резервов повышения производительности процесса электроэрозионной обработки.

Исследования проводились на электроэрозионном станке для прошивки отверстий малого диаметра ЭПП 310М.

Экспериментальными образцами являлись пластиныразмером 90мм х 50мм х 5мм из материала 12Х18Н10Т с обезжиренной поверхностью и шероховатостьюRa = 0,8мкм.

В качестве электрода-инструмента использовался пруток диаметром 0,7мм из латуни Л62.

Рабочий зазор между электродом-инструментом и заготовкой составлял 0,02мм и на протяжении всего эксперимента не изменялся.

В среде технической воды накладывались единичные импульсы при напряжении 200В и длительностях 2, 5, 10, 20, 30 мкс.Для каждого значения длительности импульса были получены по 3-5 лунок, которые затем подвергались исследованию.

При помощиосциллограмм тока и напряжения для искровой формы разряда, полученных при помощи осциллографа TekronixNBS1154, определялась энергия импульса W.

Диаметр и глубина лунки определялись при помощи микроскопа OlympusBX 51, и по результатам этих измерений находился ее объем.

Используя значение объема лунки и энергии импульса, вычислялось значение коэффициента. Для стали 12Х18Н10Т$k_м$ = 0,006 мм^3/Дж.

В ходе эксперимента была выявлена линейная зависимость между объемом лунки и энергией импульса, что свидетельствует о возможном повышении производительности благодаря увеличению энергии импульса, но при условии своевременной эвакуации продуктов обработки из межэлектродного промежутка.

Разработка системы мониторинга для контроля и управления процессом плазменно-электролитической обработки деталей сложной формы

Островский А.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Иосифов П.А.
МАИ, каф. ИЛА
alexmaster13@mail.ru

В настоящее время существует объективная потребность в автоматизации технологического процесса плазменно-электролитической обработки (ПЭО) при производстве деталей для изделий аэрокосмической техники.

Задача данной работы заключается в том, чтобы качественно улучшить работу по управлению процессом, отслеживанию параметров, а так же по сбору информации, при проведении плазменно-электролитической обработки деталей сложной формы.

Система автоматизации должна проводить контроль следующих параметров:

плотность тока δ, (10-15 А/Дм2.), напряжение U, (до 1000В), температура электролита Tº (20-80Cº), длительности обработки t.

К требованиям данной системы можно отнести контроль над параметрами процесса, автоматическое управление технологическим источником тока (ТИТ), сохранение информации на внешний накопитель.

В состав аппаратной части автоматизированной системы входитдатчиковая аппаратура, необходимая для мониторинга параметров процесса и микроконтроллер. Программную часть системы составляют прошивка микроконтроллера и программы обработки данных на персональном компьютере в среде LabView.

Особенностью предлагаемой системы автоматизации является диагностика ненаблюдаемых переменных объекта управления - целевых свойств поверхности, таких как толщина покрытия, шероховатость поверхности и других. Системареализует данную

функциюпутем математического моделирования на основе наблюдаемых параметров процесса. Это позволяет повысить качество обработки поверхности и уменьшить процент брака.

В системепредусмотрены библиотеки технологических процессов, содержащие технологические параметры режимов и сценариев обработки, задаваемых до начала обработки. При настройке процесса обработки параллельно ведомой детали подключается ведущий образец и с помощью технологического источника тока(ТИТ) устанавливается требуемый уровень электрического тока, протекаемого через них. Затем в заданном временном интервале автоматизированной системой осуществляется: измерение токов через деталь и образец; подсчет количества электричества прошедшего через деталь; расчет отношения этих токов, суммы этих отношений и подсчет количества измерений; отсчет длительности временного интервала.

По истечении заданного временного интервала времени осуществляется расчет усредненного отношения токов детали и образца. Затем отключается отТИТ ведущий образец, рассчитывается и устанавливается ТИТ, требуемый для обработки детали ток. В процессе обработки системой осуществляется измерение тока через деталь и подсчет количества прошедшего через нее электричества. По завершению процесса осуществляется отключение ТИТ.

Результатом создания такой системы мониторингатехнологического процесса плазменно-электролитической обработки деталей является повышение качества обработки поверхности, уменьшение процента брака.

Коллимированное осаждение многослойных покрытий методом магнетронного распыления на осесимметричные подложки малого диаметра

Павлов Ю.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Лозован А.А.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
pavlov.yuri93@yandex.ru

Нанесение высококачественных многослойных покрытий методом магнетронного распыления на осесимметричные подложки малого диаметра является сложной технической и технологической задачей. В данной работе необходимо нанести многослойные термобарьерные покрытия на осесимметричные подложки малого диаметра и сложного профиля, то есть с переменным диаметром подложки по ее высоте, что еще больше усложняет задачу.

Сложность этой задачи в первую очередь определяется малым радиусом кривизны подложки (в данной работе порядка 10-15 мм), что приводит к существенно различным углам падения осаждаемых частиц на подложку и, в конечном счете, к большой шероховатости поверхности покрытия вследствие действия эффекта затенения. Механизм затенения заключается в том, что первые зародыши, сформированные во время самых ранних каскадов осаждения проецируют тень позади них, которая предотвращает осаждение дальнейшего испаряемого материала в пределах этих затененных областей. По ходу дальнейшего осаждения эти зародыши растут, когда подложка и исходный материал взаимодействуют таким образом, что происходит рост Фольмера-Вебера и образуются наностолбцы. Наиболее эффективно это происходит, когда вновь осаждаемые атомы обладают большим сродством друг к другу, чем к подложке, образуя изолированные островки на подложке.

Следует отметить, что распыленные из мишени магнетрона атомы также имеют угловое распыление и, соответственно, вносят дополнительный вклад в осаждение, отличное от нормали к подложке. Таким образом, зарождение и динамика роста регулируются взаимодействием источник - подложка и межфазной подвижностью осаждаемого материала на подложке, которая в свою очередь зависит от температуры подложки и шероховатости поверхности.

Для снижения шероховатости слоев покрытия (в целях, например, снижения вероятности образования трещин в слое на границе раздела) применяют меры для

обеспечения осаждения потока распыленных атомов по нормали к подложке с помощью его коллимации. Методы коллимации потока осаждаемых распыленных атомов на криволинейные подложки были освоены в процессах напыления многослойных покрытий на зеркала для рентгеновской оптики (однако при существенно большем радиусе кривизны подложки). Было показано, что коллимация распыленных частиц является эффективным способом подавления межфазной шероховатости при производстве мультислоев. Кроме того при магнетронном распылении мишеней из относительно легких элементов происходит рассеяние распыленных атомов на газе, эффективность которого зависит от соотношения масс газа и осаждаемых атомов.

С учетом вышесказанного для нанесения многослойных термобарьерных покрытий на осесимметричные подложки малого диаметра и сложного профиля была модернизирована установка многокатодного магнетронного напыления с замкнутым полем. Модернизация заключалась в оснащении установки сепараторами двух типов, пластинчатых и ячеистых, с целью проверки их эффективности для подложек с малым радиусом кривизны, применявшихся ранее при напылении на рентгеновские зеркала.

Кроме того борьба с эффектом затенения была реализована применением 4-х магнетронов и высокой скорости вращения подложки для уменьшения времени осаждения атомов при углах падения, близких к скользящим, на один и тот же участок подложки.

Исследование и разработка трехслойных конструкций летательных аппаратов с заполнителем в виде конических оболочек

Плющаков Д.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Волхонский А.Е.
МАИ, каф.ТПЭЛА
aqua.banana@yandex.ru

В настоящее время в конструкциях летательных аппаратов в авиа- и ракетостроении широко применяются панели и оболочки с заполнителями различных конструктивных схем. Наиболее широко используются сотовые заполнители с ячейками различной формы, позволяющие получать высокое качество поверхности трехслойных панелей и оболочек, жесткость, технологичность, хорошие тепло- и звукоизоляционные свойства. Многолетняя эксплуатация таких конструкций показала и ряд их недостатков, одним из которых является низкая коррозионная стойкость тонкостенных обшивок и заполнителя, изготовленных из алюминиевых сплавов, соединяемых клеем.

Отмеченного недостатка лишены трехслойные конструкции, изготавливаемые из титановых сплавов. Разработка их связана с технологическими возможностями получения заполнителя и соединения его с листами обшивки. В данной работе предлагается изготавливать заполнитель в виде полуфабриката имеющего ортогонально направленные полые конические ячейки, соединяемые с листами обшивки сваркой. Изготовление такого типа заполнителя осуществляется методом пневмотермической формовки (ПТФ) – технологического процесса, в котором формообразование детали осуществляется за счет утонения свободной части листовой заготовки под действием избыточного давления газа при соблюдении оптимальных температурно-скоростных параметров деформации.

Разработано ТЗ и проведены предварительные конструктивно-технологические расчеты образцов трехслойных панелей с заполнителем в виде усеченных конусов. Соединение заполнителя и листов обшивки предполагается выполнять методом ультразвуковой или лазерной сварки.

Расчет образцов трехслойной панели с 5 вариантами формы ячеистого заполнителя с различными значениями распределения толщин ячейки заполнителя, выбираемыми из условий ПТФ, выполнен с помощью системы метода конечных элементов (МКЭ) ДИАНА, разработанной специалистами ПАО А.Н. Туполева, которая позволяет анализировать статическую и динамическую прочность, устойчивость и температурные поля, механику разрушения различных конструкций.

Определено напряженно-деформированное состояние заполнителя и обшивки, рассчитаны максимальные значения перемещений и напряжений различных образцов

панелей, изготовленных из сплава ОТ4 (нагрузкой является нормальное давление по обшивке сотовой залонжеронной панели крыла тяжелого транспортного самолета).

Трехслойные заполнители рассмотренного ячеистого типа будут иметь определенные преимущества перед другими видами заполнителей. С целью наиболее широкого их применения предполагается провести работу по изготовлению образцов для испытаний, выполнить испытания, определить область применения, наиболее рациональные геометрические и прочностные параметры, и сравнить их с характеристиками конструкций, имеющих сотовые и гофровые (складчатые) заполнители.

Методическое освоение быстрого прототипирования в учебном процессе кафедры КИ ТМС ЯГТУ

Подовжний С.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Калачев О.Н.
ЯГТУ КИ ТМС
spodovzhniy@gmail.com

В настоящее время наблюдается активное внедрение 3D-печати в разнообразных прикладных областях и, в частности, в машиностроении. Быстрое прототипирование упрощает многие, традиционно требующие значительных временных затрат, технические операции и вносит революционные изменения в технологии проектирования и изготовления.

Современные технические университеты, отслеживающие динамику и перспективы развития машиностроения, включают в учебные планы дисциплину быстрого прототипирования. На нашей кафедре КИ ТМС изучение RP ведется в ходе дипломного проектирования у бакалавров и в одноименной дисциплине у магистрантов.

Этапу практического выполнения печати предшествует подготовка 3D-модели в одной из CAD-систем по выданному типовому заданию.

Наиболее эффективным методическим приемом, однако, оказалось создание проблемной ситуации: восстановление утраченной или испорченной детали. Например, сломанный держатель, который было предложено воссоздать на кафедральном 3D-принтереMZ3D-256. Студентам потребовалось выполнить эскизирование по остаткам детали, подготовить объемную модель в AutoCAD, и затем, следуя пунктам разработанных на кафедре методических указаний, провести практическую часть работы. При этом субъективным, исследовательским элементом, становится подбор рационального расположения детали для послойной нарезки слайсером объёмной модели, а также выбор плотности печати, достаточной для обеспечения необходимой прочности детали с учетом действующих изгибающих нагрузок.

Помимо изготовления натурных образцов по типовым заданиям практический интерес представляет проектирование деталей формообразующей оснастки сначала в соответствующих модулях CAD/CAM-систем, а затем – создание уменьшенных пластмассовых копий матрицы и пуансона с последующей демонстрацией замыкания по плоскости разъема. Очевидно, все те же операции необходимо выполнить на реальном производственном оборудовании, но с огнеупорным, теплоустойчивым заполнения.

Скорость и температура печати в значительной степени определяют качество печати. От температуры зависит сцепление детали со столом, и если температура материалом. В ходе экспериментов акцентировалось внимание обучаемых на сочетании таких параметров печати как: температурный режим, скорость печати и плотность слишком мала, деталь будет неравномерно остывать, и тем самым создаст дефект детали – коробление. Слишком большая скорость не обеспечит качество, слишком низкая – не будет экономически оправданной при выборе способа производства – объемной печатью. За сцепление со столом отвечает не только температура, но и поддержка. Она не только усиливает сцепление со столом (кайма или подложка), но позволяет печатать на участках, где деталь не прикасается со столом.

Таким образом, полученный опыт эксплуатации и ограниченного обучения позволяет поставить учебный процесс «на поток», и снабдить будущих специалистов знаниями по аддитивным технологиям, навыками практической реализации 3D печати.

Особенности функционально-стоимостного анализа технологических систем

Роева А.В., Роева Е.В.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Курицына В.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
GDR2222@yandex.ru

Системный подход в экономическом анализе конструкторских решений авиационно-космической техники позволяет исследовать взаимосвязь технических, организационных и экономических характеристик производственных или технологических процессов, машин, приборов и другой продукции. Сочетание таких методов анализа как технико-экономический, функционально-стоимостной, технология развертывания функций качества и других обеспечивает рост качества и конкурентоспособности изделий, а также экономической эффективности производства.

Сложные технические и технологические системы обладают огромным количеством как тактико-технических параметров, так и параметров, отражающих совершенство технологий изготовления, экономические аспекты производства, эксплуатации. При этом оценка многих параметров носит субъективный характер. Высокотехнологичное изделие часто получает противоречивые оценки экономического и тактико-технического (функционального) совершенства авиационной, ракетно-космической продукции особенно оборонного значения. Соотношение между стоимостью инновационных технологий и себестоимостью изделия в производстве наукоемкой продукции также является предметом неоднозначной трактовки с точек зрения технологической независимости и превосходства отечественного производства и экономической эффективности, особенно в условиях инерционного запаздывания последней.

Функционально-стоимостной анализ (ФСА) (Valio Analysis) – технология анализа затрат на выполнение изделием его функций. ФСА проводится для существующих изделий и процессов с целью снижения затрат, а также для разрабатываемых новых образцов техники и технологии с целью снижения их себестоимости без потери качества. Перспективной целью применения ФСА в области анализа и модернизации технологических систем и инновационных производств предлагается повышение уровня функционального совершенства изделия или технологии при сохранении или незначительном повышении затрат на реализацию.

При анализе целесообразности и эффективности высоких технологий новых материалов, сложного формообразования и специальной модификации поверхностей ФСА необходимо реализовывать в форме инженерного структурного анализа и синтеза конструкторско-технологических решений при одновременном сопровождении стоимостных оценок элементарных достигаемых функций. Информационной базой ФСА служат параметрические данные, технические характеристики, удельные стоимостные оценки. В данном аспекте ФСА решает задачу выявления критических точек модернизации конструкции, управления технологическим процессом, обладающие наибольшим эффектом; дает количественные интегральные оценки бизнес-проектов.

Анализ функций технологической системы производится путем построения функциональной модели, которая представляет собой идеальную структуру целевых показателей технологического процесса (достигаемое эксплуатационное качество материала, детали, поверхности…). Анализ функций, построение функциональной модели является одной из важнейших задач изучения сложных процессов и систем, когда определяются излишние функции, выявляются основные причинно-следственные связи рассматриваемых объектов ФСА. В ходе ФСА выявляются резервы совершенствования техники, технологии, пути снижения затрат при сохранении качества и повышения качества продукции при сохранении уровня затрат.

Создание интерактивного средства информационной поддержки технических и технологических процессов

Рожков Д.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Юрин В.Н.
АО «НИЦ АСК»
ars0469@mail.ru

В связи с прогрессирующим усложнением техники, производимой машиностроительными предприятиями, к инженерным кадрам предъявляются все более жесткие требования к их квалификации. Особенно это касается подготовки специалистов аэрокосмической отрасли. Классических способов представления информации, таких как текст и 2D изображения, при подготовке специалистов и конструкторско-технологической подготовке производства зачастую бывает недостаточно. Необходимо использовать возможности современных информационных технологий.

В докладе как пример представлен опыт применения 3D-технологий для создания интерактивного средства электронной информационной поддержки лабораторной работы «Испытание на точность токарно-винторезного станка». В отличие от работы [1] это средство представляет собой анимационные ролики, выполненные на основе 3D-моделей объектов, участвующих в процессе проверки станка на точность, и дополненные текстовой и визуальной информацией, внедренные в документ MS Word.

В качестве основного программного инструмента для создания данного интерактивного средства использован программный пакет «CATIA COMPOSER», предназначенный для создания интерактивной технической документации на проектируемые изделия. Особенностью данного пакета является то, что он базируется на 3D-технологии. Исходным материалом для интерактивного средства стали цифровые 3D-модели станка и оснастки, которые задействованы в лабораторной работе. Первым шагом был импорт моделей в «CATIA COMPOSER». Далее производилась компоновка цифровых объектов – взаимного расположения элементов, участвующих в процессе проверки станка, наложение кинематических связей на подвижные элементы станка и оснастки. Эти связи необходимы для корректного анимирования перемещений элементов. 3D данные были дополнены текстовыми пояснениями и изображениями, использованы метаданные самих 3D-моделей. В целом процесс технического анимирования в «CATIA COMPOSER» заключается в создании так называемых «ключей» объектов на шкале времени и положений этих объектов в пространстве. Вся последовательность действий в анимации создана в соответствии с логикой процесса проверки станка. В результате получается файл с расширением smg, который необходимо опубликовать, сохранив его как исполняемый файл с расширением exe или как видео файл с расширением avi. Это позволяет просматривать содержимое без установленного специализированного ПО на компьютере. Для удобства конечного пользователя интерактивный материал был «внедрен» в документ MS Word посредством элементов «ActiveX» с добавлением кнопок по управлению воспроизведением содержимого.

Разработанное средство не только облегчает восприятие технической информации, но и позволяет дать пользователю, будь то студент, рабочий или инженер, более полное представление о происходящем процессе. Помимо интерактивных руководств подобные средства найдут практическое применение в производстве для иллюстрирования технологических процессов сборки/разборки изделий, что актуально в связи с фактическим снижением квалификации исполнителей.

Литература

1. Грачев М.В., Кашенков А.А., Рожков Д.В., Юрин В.Н. Опыт информационной поддержки лабораторного практикума. / Международная научно-практическая конференция «Информационные технологии в образовании XXI века». Сб.научных трудов. – М.: НИЯУ МИФИ. 2015 – С. 177-179.

К вопросу об оптимизации траектории движения режущего инструмента при токарной обработке деталей ГТД на станках с ЧПУ

Северцов А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ганзен М.А.
РГАТУ им. П.А. Соловьёва
ar.severtzov@yandex.ru

Совершенствование современной техники, при стремлении улучшения качества и сокращении времени на обработку изделий, привело к увеличению количества деталей сложной геометрической формы, создание которых выполняется на дорогостоящих многоцелевых станках и станках с ЧПУ. В авиационной и космической отрасли большая часть продукции изготовляется по индивидуальным желаниям заказчика, для чего используется гибкоструктурное производство на базе быстропереналаживаемого автоматизированного оборудования.

При токарной обработке высокоточных деталей сложной формы траектория движения резца может быть очень сложной. При её автоматической генерации в современных CAM-системах, зачастую образуется множество лишних рабочих и холостых ходов, а некоторые движения, напротив, приходится вводить в программный код вручную.

Таким образом, требуется оптимизация траектории, реализация которой в настоящее время осложняется следующими факторами:

– крайне мало изучены закономерности возникновения неточностей контура при резких переменах вектора силы резания, появляющихся в результате изменения припуска и кривизны обрабатываемой поверхности;

– требуется выявление технологических связей, возникающих в процессе точения, что дало бы возможность создать технологические рекомендации по выбору порядка выполнения переходов, по программированию траектории и направления обхода контура, по выбору расстояния между схожими поверхностями и величины перекрытия с учетом параметров используемых пластин;

– требуется разработка программируемых гибких технологических циклов доработки углов, соединения схожих поверхностей контура, допускающих в автоматическом режиме пластиной меньшего радиуса и ширины «выбрать» в углах и карманах профиля остающийся припуск.

Создание на станках с ЧПУ многоэлементных деталей сложной геометрии: шаблонов, кулачков, корпусов топливных и гидравлических систем аэрокосмической техники, лопаток турбин, полостей штампов, пресс-форм и других аналогичных деталей представляет собой сложную технологическую задачу.

Входные параметры заготовок (припуски, твёрдость, жёсткость) и инструмента (величина износа) преобразуются как от детали к детали, так и во время обработки одной детали (при большом пути резания). Такие параметры, в большинстве случаев, бывают случайными, при этом принять во внимание при программировании траектории систематические составляющие этих моментов не так просто. Достижение требуемой точности обработки путём уменьшения влияния упругих деформаций за счёт выполнения нескольких чистовых проходов существенно снижает производительность обработки и эффективность использования дорогостоящего оборудования с ЧПУ.

Программирование траектории усложняется также из-за сложности учёта изменения углов резания, неровностей поверхности и колебаний величины припуска при неизменных режимных параметрах при токарной обработке. В ряде случаев это может вызвать скол режущей пластины или повреждение детали. И если на универсальном станке рабочий может учесть изменения припуска, степень затупления инструмента и угол его контакта с заготовкой, то на станке с ЧПУ оператор такой возможности не имеет, таким образом эта задача полностью возлагается на технолога-программиста.

Улучшение характеристик ГТД повышение ресурса и снижение эмиссии вредных веществ за счет совершенствования конструкции камеры сгорания

Сизонец Ю.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Маликов С.Б.
МАИ, каф. ТППДЛА
sizonrts93@mail.ru

После эксплуатации двигателя при полной разборки и дефектировании заметно такое явление, как образование нагара и смолообразование на деталях работающих в зоне смесеобразования (зона обратных токов). Способами борьбы будут являться устранение причин появления данного явления.

Образование слоя нагара приводит:

– отдалении форса пламени от форсунок, вызывая нерасчетные температурные нагрузки горячих деталей газового тракта;

– ухудшению распыла топлива, тем самым вызывая повышение эмиссии вредных веществ;

– увеличивает эрозионный износ деталей расположенных за камерой сгорания, так как газовая смесь начинает содержать больше твердых частиц (углерода) и периодическое откалывание нагара также это усугубляет;

– неравномерность температурных полей, из-за разного расположения форсов пламени отдельных форсунок.

Образование нагара может происходить по многим причинам, наиболее вероятные: высокая температура фронтового устройства, недостаток окислителя в топливо-воздушной смеси, неудовлетворительное конвективно-пленочное охлаждение фронтового устройства.

Большинство завихрителей является лопаточно-щелевыми и имеет лопаточный завихритель осевого типа и щелевые отверстия расположенные по периметру. Данные комбинированный завихрители имеет ряд преимуществ, чем просто щелевой или лопаточный. Они обладают лучшей подготовкой топливно-окислительной смеси и более интенсивной зоной обратных токов, соответственно более интенсивной зоной смесеобразования. Диффузоры устанавливаемые на ГТД так же могут представлять собой смешанный тип, к примеру диффузор с короткой безотрывной частью и регламентированным срывом потока по внутренним и наружным стенкам и с кольцевым конусным разделителем потока.

Снижение температуры фронтового устройства можно совершить при помощи улучшения охлаждения самого фронтового устройства и жаровой трубы. Это можно обеспечить применением двухслойное конвективное охлаждение жаровой трубы и фронтового устройства, устранением или изменением конструкции разделителя потока для увеличения площади конвективного охлаждения, либо более интенсивного отвода тепла от фронта жаровой трубы. Нагар образуется непосредственно на завихрителях поэтому целесообразней будет теплоизолировать их от более горячих элементов (жаровой трубы) либо изготовить сами завихрители из керамики или материала с малой теплопроводностью. Подготовка смеси с большим содержанием окислителя также снизит вероятность отложения углерода на завихрителе. Это может быть достигнуто за счет увеличения подвода воздуха от наружного охлаждающего потока жаровой трубы.

В заключении отметим, что использование новых материалов в отдельных деталях ГТД, а также применение и доработка системы охлаждения могут способствовать решению данной проблемы.

Методика оценки и выбора оптимальной технологии изготовления деталей авиационной и ракетно-космической техники

Слободяник А.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Безъязычный В.Ф.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. ТАДиОМ
allex1s@mail.ru

В настоящее время в наукоемких производствах, специализирующихся на изготовлении деталей авиационной и ракетно-космической техники, все более остро ощущается проблема проектирования, а вместе с тем и выбора из нескольких альтернатив, оптимального технологического процесса. Во многом это вызвано ростом конкуренции на рынке новшеств, а также политикой импортозамещения. В связи с чем актуальным представляется возможность оценки эффективности той или иной технологии уже на этапе технологической подготовки производства, с целью прогнозирования и сокращения возможных издержек, а также выбора оптимального технологического процесса.

Согласно всеобщим принципам организации производства, под оптимальной технологией понимается такая последовательность операций, которая позволяет получить продукцию требуемого качества при минимальной себестоимости. Однако, зачастую такой оценки недостаточно для принятия решения касаемо изготовления деталей сложной конфигурации, с высокими требованиями к качеству поверхностей. Наряду с требованиями минимальной себестоимости также выдвигаются требования сокращения длительности производственного цикла изготовления изделия, максимальной производительности технологических операций, достижения заданных показателей качества и другие. Вышеперечисленное характеризует задачу оценки технологии как трудно формализуемую, сложность решения которой значительно возрастает с увеличением количества критериев эффективности. Решение подобных многокритериальных поисковых производственных задач требует комплексного подхода, в сочетании с применением средств автоматизации.

В процессе выполнения исследовательской работы автором была разработана методика, в основу которой заложен алгоритм, пошагово описывающий порядок действий по оценке и последующему выбору, на основе полученных данных, оптимальной технологии. Сравнение альтернативных вариантов производится по комплексному критерию эффективности, который учитывает вышеперечисленные комплексные показатели. За счет предусмотренной в алгоритме обратной связи, была реализована возможность корректировки принятия решения в режиме реального времени, что является крайне актуальным в условиях нестабильной производственной системы, включая поломку оборудования и человеческий фактор. Кроме того, автором была реализована возможность учета изменений выбранных критериев в заранее обозначенном диапазоне, характеризуемым «полем допуска» ($\pm H$). Это позволит выполнить предварительную отбраковку наименее эффективных вариантов технологических процессов уже на начальных этапах.

Предложенная методика, включает в себя следующие основные этапы: 1) формирование и ввод исходных данных; 2) разработка альтернативных технологий с учетом производственных возможностей конкретного подразделения; 3) последовательный оптимизационный поиск наилучшего варианта технологии по частным критериям эффективности; 4) промежуточный анализ и корректировка исходных данных (при необходимости); 5) формализованное отображение результатов. Окончательный выбор на основе полученных данных по каждой альтернативной технологии остается за человеком.

Анализ дефектов основных камер сгорания ГТД

Соколов Н.С.
Научный руководитель – д.т.н. Силуянова М.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
felexos@yandex.ru

Камера сгорания является одним из основных узлов газотурбинного двигателя. Ее назначением является получение высоко нагретого рабочего тела путем горения топливно-воздушной смеси. В камере сгорания происходит преобразование химической энергии топлива в тепловую энергию. Надежность пуска и работы камеры сгорания, ее экономичность и долговечность определяют аналогичные показатели всего двигателя. Качество работы камеры сгорания оценивается по показателям эффективности, надежности и экологического совершенства.

В связи с огромным многообразием дефектов камер сгорания, а так же частоте их возникновения, диагностика камеры является наиболее приоритетной задачей. Без должного осмотра и своевременного устранения, дефектов элементов камеры сгорания, может произойти поломка всего двигателя в целом. В результате анализа литературных источников и данных опыта эксплуатации основных камер сгорания газотурбинных двигателей, были выявлены причины, вызывающие дефекты узла.

Нагрузки, действующие на камеру сгорания можно разделить на механические, возникающие благодаря газодинамическим процессам, и температурные. В основных деталях камеры сгорания преобладает достаточно высокая температура, так же существует наибольшая вероятность неравномерности нагрева основных элементов камеры. Это может привести к прогару стенок жаровой трубы, а так же к трещинам и деформациям термического происхождения. Еще одной основной причиной, вызывающей дефекты в камере сгорания, является коррозийное воздействие газовой среды. В связи с тем, что в турбовинтовых и турбореактивных двигателях используется реактивное топливо, которое в большинстве своем состоит из углеводородов, то стенки камеры, взаимодействующие с газовой смесью топлива и воздуха, подвержены быстрому изнашиванию, что, как и высокая температура является причиной трещин на стенках жаровой трубы. Так же к причинам возникновения дефектов в камере сгорания относят: вибрации и пульсации корпусов двигателя, вибрационный режим горения, перепады давления в элементах камеры сгорания, - все это может привести к деформациям, прогарам и разрушениям в камере сгорания. В целом все дефекты можно объединить в основные группы: повреждение корпуса в результате усталостных напряжений, повреждение жаровых труб, повреждение трубопроводов подвода топлива, повреждение топливных форсунок и коллекторов.

Из всего вышесказанного можно с уверенностью заявить, что камера сгорания является одним из ресурсоограничивающих элементов газотурбинного двигателя. В связи с этим разработка новых и совершенствование старых методов диагностики и анализа состояния элементов узла, а так же прогнозирование возможных дефектов и их развития, является актуальной и приоритетной задачей.

Автоматизация расчетов режимов резания при обработке тел вращения протяжками круговой компоновки

Соколовская А.Н.
Научный руководитель – Хомякова Н.В.
Московский политехнический институт, каф. ТиОМ
angelinka-s@yandex.ru

Актуальной задачей современного машиностроения является интенсификация процесса механической обработки за счет применения новых инструментов и оборудования, новых способов обработки или их сочетания в рамках одной технологической системы с повышением качества и точности обработки.

Протягивание тел вращения протяжками круговой компоновки можетприменяться вместо операции вихревого фрезерования, а иногда вместо операций шлифования, что открывает большие возможности снижения трудоёмкости и себестоимости обработки.

При обработке деталей типа тел вращения, в частности коленчатых и распределительных валов, применяются плоские протяжки и протяжки круговой компоновки. Протягивание тел вращения протяжками круговой компоновки является высокопроизводительным и точным методом механической обработки, высокая эффективность которого объясняется большим количеством лезвий, участвующих в процессе резания, выполнением одним инструментом за один рабочий ход нескольких этапов обработки, отсутствием большого числа вспомогательных ходов инструмента.Это позволяет увеличить стойкость инструмента и дает возможность форсировать параметры режима обработки. Характер изменения толщины срезаемой стружки, наличие чистовых и калибрующих зубьев, позволяют получать высокую точность размеров и формы при высокой чистоте обработанной поверхности.

Проведенный анализ влияния различных факторов на качество обработки позволил выявить связи между способом обработки, способом воздействия и динамическими, кинематическими и статическими характеристиками. Расчет режимов обработки для протяжек круглой компоновки представляет собой сложный и трудоемкий процесс. К тому же, в настоящее время отсутствует справочно-нормативная литература, учитывающая возможности современного оборудования, применяемых конструкций инструментов и инструментальных материалов.

Для автоматизации расчетов режимов обработки разработана программа, позволяющая учитывать при расчете влияние большого числа факторов, влияющих на обработку тел вращения протяжками круговой компоновки, а также автоматически распределить припуск между черновыми и чистовыми обработками в зависимости от общего припуска на заготовку.Программа позволяет определять недопустимые в данный момент режимы резания, а также рекомендует варианты корректировки режимов.

Внедрение данного способа расчета позволит значительно сократить время на подготовку производства и повысить точность расчетов при обработке тел вращения протяжками круговой компоновки.

Разработка системы автоматизации для контроля технологического процесса в режиме групповой МДО-обработки деталей в электролитах суспензиях

Соколовский Г.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Иосифов П.А.
МАИ, каф. ИЛА
klasd4000@mail.ru

Микродуговое или микроплазменное оксидирование (МДО) - один из самых перспективных методов поверхностной обработки материалов. Метод заключается в том, что при пропускании тока большой плотности, создаются условия на границе металл-электролит для образование керамических покрытий с уникальными характеристиками. Варьируя время, токи и состав электролита при МДО обработке, можно изменять параметры этих покрытий. К основным достоинствам можно отнести:

- создание сверхпрочных керамических покрытий;
- относительная простота технологического оборудования;
- низкая токсичность электролита;
- практически бесконечный срок выработки электролита;
- простота обработки деталей сложной формы.

Для промышленной МДО-обработки деталей применяют устройство групповой обработки деталей (УГО). Такое устройство позволяет обрабатывать сразу до 5 деталей, при чем каждая деталь может быть произвольной формы, что делает УГО крайне перспективным режимом обработки с экономической точки зрения. Но как показывает практика применения установок с такого рода устройствами, существует необходимость

оснащения их системами автоматизации управления технологических процессов (АСУТП).

Применение АСУТП в первую очередь направлено на отслеживаниирежимов обработки и в первую очередь количество проходимого через поверхность каждой из деталей электрического тока, что позволяет повысить стабильность выходной продукции и обрабатывать деталей с разными площадями поверхности в одном технологическом цикле.

Целью данной работы является решение этой задачи, посредством разработки автоматизированной системы управление технологическим процессомМДО для УГО.

Основным параметрами, по которым можно судить о качестве покрытия для процесса МДО являются количество прошедшего через деталь тока на квадратный дециметр, а также во избежание вскипания электролита, необходимо отслеживать его температуру.

Для корректной обработки детали необходимо знать материал, площадь ее поверхности и состав электролита, в котором она будет обрабатываться. Эти параметрызадаются в диалоговом режиме,оператором перед началом обработки, или берутся из библиотеки технологических процессов, если такая деталь уже подвергалась обработке ранее.

Данная система работает по алгоритму завершающей коррекции. Согласно этому алгоритму ток, прошедший через каждую деталь считается отдельно. По прохождению заданного количества электричества через деталь технологический процесс только для этой детали приостанавливается, деталь извлекается, в то время, как для других деталей в УГО процесс обработки продолжается до достижения порогового для них значения проходящего через их поверхность электрического тока.

Контроль температуры электролита и остановка процесса в случае перегрева так же положительно скажутся на проценте выхода годной продукции и безопасности технологического процесса.

Внедрение установок с рассматриваемой АСУТП на производство позволит значительно увеличить количество выпускаемой продукции и снизить процент брака, а также позволит предъявлять более высокие требования к качественным характеристикам наносимого покрытия.

Высокоскоростное фрезерование маложестких деталей

Сон Джин Ву
Научный руководитель – д.т.н. Бойцов А.Г.
МАИ, каф. ТППДЛА
entropy.jin@gmail.com

В основе высокоскоростной обработки лежит экспериментально подтвержденные положения, согласно которым температура на режущей кромке и сила резания при высоких скоростях резания ниже, чем при обычных. Причина этого заключается в том, что скорость удаления материала превышает скорость теплопроводности обрабатываемого материала. В результате основная доля тепла (более 90 %) отводится со стружкой. В последние годы значительные успехи были достигнуты в области создания и внедрения одной из базовых разновидностей высокоскоростной обработки – высокоскоростного фрезерования (ВСФ). В производстве авиационной техники ВСФ, в частности, применяют: для обработки пера лопаток компрессоров, межлопаточных каналов моноколес, изготовления сложнопрофильной штамповой и литейной оснастки, деталей из легких сплавов (корпусов, стрингеров, шпангоутов и др), медных и графитовых электродов для электроэрозионной и электрохимической обработки. Диапазон скоростей высокоскоростной обработки различен для разных материалов. Для титановых сплавов он находится в пределах от 300 до 1200 м/мин, для сталей от 300 до 1700 м/мин, а для алюминиевых сплавов от 2500 до 6500 м/мин.

К недостаткам высокоскоростного фрезерования относятся: высокая стоимость технологического оборудования, обусловленная необходимостью обеспечения высокой

жесткости и виброустойчивости, использованием специализированных устройства ЧПУ с расширенными функциями, высокоскоросных шпинделей, специальных направляющих, и программного обеспечения, дорогостоящего инструмента, сбалансированного по конструкции, квалифицированного персонала, который может правильно эксплуатировать это оборудование.

Для обеспечения условий стабильного резания высокоскоростное фрезерование выполняют при малых сечениях срезаемого слоя. Благодаря уменьшению сечения срезаемого слоя значительно снижаются силы резания, что позволяет повысить точность обработки и использовать ВСФ для маложестких тонкостенных деталей.

Поскольку при ВСФ ставится задача обеспечения высокого качества обрабатываемой поверхности, требуется установить такие режимы обработки, при которых минимизированы вибрации технологической системы (станок-приспособление-инструмент-заготовка).

Механическая обработка тонкостенных маложестких деталей ВСФ направленная на обеспечение требуемой производительности, точности и шероховатости поверхностей, имеет ряд проблем связанных с их деформацией под действием сил резания и ограниченной виброустойчивостью. Это в особой мере относится к тонкостенным деталям с переменным сечением, таких как лопатки компрессора. Поскольку жесткость лопатки переменна как вдоль оси, так и в сечениях (входная и выходная кромки, корыто) для обеспечения точности с одновременным повышением производительности необходимо закономерное программное изменение одного или нескольких параметров режима резания

В настоящей работе рассматриваются вопросы оптимизации технологических режимов ВСФ на основе расчета жесткости конструкции лопатки на различных этапах ее обработки. Для определения закономерностей изменения параметром режима резания предложен расчет допустимой силы резания не вызывающей выход размера за установленные пределы, которая является функцией жесткости в месте воздействия инструмента.

Inventorhsmpro – новое cad/cam решение для технологов – машиностроителей

Суриков С.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Калачев О.Н.
ЯГТУ КИ ТМС
depidronihehkali.76@mail.ru

Новая разработка компании Autodesk имеет аббревиатуру HSM, которая расшифровывается какHighSpeedMachining (высокоскоростная механическая обработка), является новым САПР решением дляInventor и SolidWorks. InventorHSMPro – это новое приложение которое имеет интегрированную среду программирования CAM, что позволяет сразу после создания 3D модели начать проектирование её обработки с целью получения управляющей программы для станков с ЧПУ.

При работе с приложением Inventor HSM Pro, передо мной стояла задача создать обработку предварительно построенной 3D-модели, с элементами пяти координатной обработки, и получить в итоге управляющую программу.

Для этого в открытой программе я загрузил предварительно построенную мною 3D-модель. Во вкладке *CAM*, я зашёл в *Настройки*, и задал необходимые параметры для заготовки, а именно: выбирал нужное мне расположение осей координат, так чтобы ось z совпадала с осью инструмента, а оси x и убыли направлены вдоль заготовки, это очень важно поскольку это определяет положение инструмента относительно заготовки; а затем задал припуски на заготовку, в моём случае заготовка – этопараллелепипед, и припускдолжен был равен половине диаметра инструмента.

После определения параметров заготовки, следующим действием будет создание первого этапа обработки. В случае с моей деталью самым разумным вариантом является так называемая обработка «*Адаптивная*», это трёх осевое фрезерование. Оно позволяет быстро удалять ненужный материал, с помощью деления на черновую и чистовую обработку, тем самым получить уже готовый силуэт детали с пока большой

шероховатостью и заусенцами. При оптимальных режимах резания – скорости вращения шпинделя, подачи, минимальном отводе инструмента и ускоренных перемещениях, у меня получилось сократить время обработки до минимальных 17 минут и 42 секунд. Но поскольку деталь ещё не готова, это не конечное время, и предстоит ещё финишная обработка почти всех поверхностей. Ключевым моментом моей работы является включение в обработку 5-ти осевого фрезерования, что значительно сокращает время обработки, и дает возможность получить поверхность с меньшей шероховатостью. В итоге вместо трёх – шести минут, потраченных на обработку наклонной поверхности обычным трёх осевым фрезерованием, затрачивается всего двадцать пять секунд!

Далее добавляю ещё несколько финишных обработок, и получаю21 минуту и 25 секунд до полной готовности детали, вместо 30 – 40 минут в аналогичных программах.

К достоинствам этого продукта можно отнести возможность обучения и повышения квалификации. Компания Autodesk предоставляет возможность просмотров качественного контента на сайте YouTube, и получение необходимой информации на собственном сайте. Таким образом, в результате изучения мы получаем мощный и простой в использовании продукт для учебного процесса и производства.

Применение высокоскоростных камер при выборе режимов плазменного напыления

Телеш А.В.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Никитина Е.В.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
UnThing@yandex.ru

Плазменное напыление представляет собой перспективный процесс нанесения порошкового покрытия.

В последние десятилетия метод плазменного напыления покрытий получил широкое распространение не только при изготовлении изделий специального назначения, но и на предприятиях городского и коммунального хозяйства.

Процесс наиболее универсален благодаря применению автоматизированных комплексов. Высокие температура струи и скорость частиц позволяют использовать широкий диапазон материалов, в том числе и тугоплавкие, такие, как вольфрам и керамика. Современные разработки по совершенствованию метода дали возможность получать покрытия с меньшей пористостью и большей прочностью.

Изменяя параметры напыления (сила тока, расход и состав плазмообразующего газа, размер и расход частиц и др.) можно регулировать свойства покрытий.

Однако, точно подобранные входные параметры не дают полной гарантии получения покрытий с заданными свойствами.

Чтобы получить покрытия с требуемыми свойствами и для прогнозирования их качества в технологии плазменного нанесения покрытий необходимо производить регистрацию параметров струи в технологической цепочке "плазмотрон-струя-покрытие". Распределение скоростей и температур частиц в поперечных сечениях потока струи, а также распределение объёмной концентрации (плотности) частиц не только в центе, но и на переферии струи являются наиболее важными параметрами струи напыления, характеризующими качество будущего покрытия. Распределённые по потоку параметры частиц (скорость, температура и т.д.) можно определять, например, методами обработки изображений, зарегистрированных высокоскоростной видеокамерой.

Применение специализированного программного обеспечения в совокупности с высокоскоростной камерой позволяет производить обработку потока изображений в реальном времени, на основе которой может производиться дальнейший анализ динамики поведения определённых объектов исследуемых процесов с последующей оптимизацией (либо в ручном, либо в автоматическом режиме) технологии напыления.

Таким образом, применение высокоскоростных видеокамер способно значительно упростить и ускорить задачу подбора параметров для новых изделий и улучшить качество покрытий при проведении отработанного процесса путём устранения случайных факторов.

Влияние силового фактора на окончательную геометрию тонкостенной детали «Кольцо демпферное» в результате шлифования выборок

Титова Е.Д.
Научный руководитель – Мартынюк А.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
katya.t2604shodnya@yandex.ru

В настоящее время в технике широко используются тонкостенные детали. Наряду с этим повышаются технические требования по прочности и качеству поверхностного слоя. Основной проблемой при выполнении этих требований является малая жесткость тонкостенных деталей.

Кольцо демпферное - тонкостенное кольцо, изготавливаемое из конструкционной рессорно-пружинной стали - 60С2А, которое устанавливается в зазор между корпусом и внешним кольцом подшипника и используется в демпферных опорах в авиационных и ракетныхдвигателях. Такая деталь является упругой и деформируется под действием радиальных нагрузок.

Целью работы является определение степени влияния силового фактора на окончательную геометрию при шлифовании детали «Кольцо демпферное».

Последним этапом обработки кольца является выборка пазов методом шлифования. Шлифование - один из самых сложных процессов механической обработки. Этот процесс нестабилен, характеризуется наличием высокой температуры в зоне обработки и силового фактора, оказывающего воздействие на конечные размеры и форму тонкостенной детали.Было рассмотрено влияние нормальной силы резания,с которой шлифовальный круг воздействует на деталь, на величину деформации (отжима) заготовки в процессе обработки. При отжиме обрабатываемой поверхности инструмент снимает меньшее количество материала, что в дальнейшем приводит к нарушению геометрии детали – увеличению её толщины. Так же может происходить отклонение от круглости, которое влияет на общую жесткость детали.

Для исследования данной проблемы былипостроены две модели детали и проведен расчет на жесткость. Моделибылипостроены по максимальным и минимальным предельным отклонениям размеров.

Расчет производился при действующей на модель силе в 50Н – такова по данным расчетов нормальная сила при шлифовании. Для определения величины и характера деформации демпферного кольца были построены графики статического перемещения по кромкам.

По графикам определены пределы величины прогиба кольца при шлифовании, которая составила от 0,010 мм до0,014 мм при максимальнойи минимальной жесткости исходной заготовки, исходя из допуска на размер.Исходя из данных чертежа детали есть вероятность, что при выполнении операции шлифование размер выйдет за пределы допустимого: толщина детали возрастает на 2-3%. Жесткость кольца при этом возрастет на 4-6%.

Следовательно, для получения заданных геометрических параметров тонкостенного кольца необходимакоррекция траектории обработки или использование соответствующей оснастки, которая минимизирует прогибдетали под действием силового фактора при шлифовании. Так же можно использовать другие методы обработки.

Автоматизация расчета припусков на обработку типовых деталей

Рассадина Ю.Н., Тихомиров С.М., Шахов С.А.
Научный руководитель – к.т.н. Зяблицева О.В.
КГТА им. В.А. Дегтярева, каф. ПМиСАПР
olga_vita@mail.ru

Технологическая размерная цепь − последовательность размеров, получаемых в процессе изготовления детали, для каждой обрабатываемой поверхности.

Припуск –слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в процессе механической отработки для достижения требуемого качества и точности обрабатываемой поверхности.

На практике применяют два метода определения припусков: расчетно-аналитический и опытно-статистический (табличный) метод. Опытно–статистические величины припусков обычно завышены, т.к. они не учитывают конкретные особенности производства. Назначенные табличные припуски могут быть откорректированы технологом в зависимости от его опыта и квалификации.

Использование расчетно-аналитического метода затруднено из-за большого количества факторов, которые должны быть учтены. Задача автоматизации расчета припусков является актуальной для машиностроительного производства, что подтверждается заказом на разработку соответствующего программного обеспечения от одного из машиностроительных предприятий г. Коврова.

Решение поставленной задачи включает в себя:

1. Разработку алгоритма расчета.
2. Разработку структуры хранения справочных данных, используемых в расчете. Предполагается возможность корректировки и дополнения данных, введение корректирующих коэффициентов.
3. Разработку структуры хранения результатов расчета. Предполагается возможность поиска данных по различным критериям, передача данных для проведения повторного расчета на основе образца.
4. Разработку программного обеспечения для реализации расчета припусков на обработку детали, обеспечивающего удобный интерфейс пользователя.

Согласно разработанному алгоритму для расчёта размерной цепи понадобятся входные данные, которые можно разделить на 3 группы:

1. Исходные данные для каждой обрабатываемой поверхности: длина, диаметр, параметры обработки (тип припуска, тип обрабатываемой поверхности).
2. Выбор заготовки: вид заготовки, точность, шероховатость, глубина дефектного слоя, допускаемое смещение по поверхности разъёма штампа/литейной формы.
3. Выбор последовательности операций. Для каждой операции задаются: вид операции, используемое приспособление, шероховатость.

Для каждого перехода вычисляется диаметр с учётом допусков в зависимости от параметров обработки.

Представляемая программа реализует разработанный алгоритм, предоставляет удобный интерфейс для ввода данных и просмотра полученных результатов. Результаты расчета можно сохранить в текстовом файле и в базе данных.

Программа написана на языке программирования C# и для своей работы требует наличия среды исполнения Microsoft .NET Framework 4. Для работы с базой данных используется Microsoft SQL Server . Исходные таблицы переходов, видов заготовки и др. хранятся в xml-файлах.

Применение автоматизированных систем управления технологическими процессами для создания измерительных систем для испытаний

Тутов М.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Иосифов П.А.
МАИ, каф. ИЛА
tutovma@gmail.com

В настоящее время, для решения различных измерительных задач в области проведения испытаний и автоматизации испытательных стендов применяются специальное программное обеспечение (ПО). В этом ПО проводят настройку сценариев эксперимента, осуществляют хранение и поиск нужного сценария в базе данных, проводят калибровку измерительных каналов, ведут измерения с архивацией и визуализацией экспериментальных и обработанных данных, в послесеансе просматривают и анализируют результаты эксперимента. Особенностью применения такого ПО является

то, что в нем осуществляется многократное проведение экспериментов различной продолжительности, со сложной математической обработкой и фильтрацией. Управление не требуется или является довольно простым, с небольшим числом каналов управления и без влияния факторов друг на друга. С помощью таких систем, при необходимости, возможно построение больших автоматизированных систем с тысячами измерительных каналов, однако, разработка таких систем весьма трудоемка и фактически невозможна без привлечения фирмы-разработчика программного обеспечения. Интеграция со сторонним программным обеспечением для испытаний и интеграция с другими системами в рамках предприятия также требует участия разработчиков.

В тоже время, в промышленности широко применяются SCADA-системы, предназначенные для диспетчерского управления и сбора данных. Основными областями их применения является управление технологическими процессами. В отличии от ПО для испытаний, они, как правило, осуществляют непрерывный сбор некоторого числа заранее определенных типов данных (зачастую в цифровом формате) с невысокой частотой. Практически всегда требуется автоматизированное управление, причем с учетом множества разных факторов. В виду того что операторами SCADA систем как правило являются технологи, SCADA системы обладают гораздо более простым пользовательским интерфейсом и позволяют оператору при необходимости вносить изменения в проект. SCADA системы имеют функционал, позволяющий как интегрировать несколько разных систем между собой, так и интегрироваться в общее информационное пространство предприятия.

Очевидно, что функционал SCADA-систем и ПОдля автоматизации испытаний в части сбора, отображения и архивации данных пересекается. Как показал опыт внедрения, возможности SCADA систем после некоторой доработки являются достаточными для применения в области автоматизации испытаний. Возможность создания сценариев, математическая обработка и большинство элементов визуализации может быть реализовано посредством имеющегося функционала SCADA систем, без необходимости дополнительного программирования. Для того чтобы стать полноценной заменой ПОдля автоматизации испытаний нужно дополнить их некоторыми программными модулями, а именно обеспечивающими возможность передачи данных от устройства сбора данных через его драйвер, а также модулем послесеансовой обработки данных. Сложность разработки модуля взаимодействия с устройствами невысока, в отличие от модуля послесеансовой обработки данных. Однако, даже сейчас послеансовую обработку можно проводить в стороннем широко распространенном ПО.

Применение SCADA систем для испытаний позволит снизить стоимость и продолжительность разработки систем для автоматизации стендов, требования к персоналу, повысит эффективность предприятия в целом, за счет интеграции различных автоматизированных систем в единое информационное пространство предприятия.

Исследование влияния азотнокислых солей щелочных металлов на свойства литейных алюминиевых сплавов

Федорцов Р.С., Цыкин К.С.
Научный руководитель – к.т.н., Петров И.А.
МАИ, каф. ТиСАПР МП

В связи с увеличивающимися требованиями к качеству деталей из алюминиевых сплавов, на данный момент актуальна разработка способов повышения качества отливок из литейных алюминиевых сплавов. Известно, что измельчение структуры благоприятно сказывается на механических свойствах литейных алюминиевых сплавов. Для улучшения структуры и механических свойств литейных алюминиевых сплавов необходимо регулировать режимы плавки и условия кристаллизации отливок. Наиболее действенно на структурообразование этих сплавов влияет модифицирование, т.е. измельчение структуры за счёт введения в расплав небольшого количества модифицирующих добавок [1].

В настоящей работе изучалась возможность повышения механических свойств сплава АК12 за счёт обработки расплава соединениями поверхностно-активных элементов щелочных металлов.

Согласно адсорбционной теории модифицирования, проанализирована возможность исследуемых элементов являться поверхностно-активными компонентами по отношению к алюминию и кремнию. Для выбора поверхностно-активных элементов было проведена оценка значений поверхностного натяжения исследуемых элементов и основы сплава – Al и основного легирующего компонента – Si. Для исследования были выбраны следующие элементы: Li, Na, K, Cs и Rb. Все рассматриваемые элементы имеют поверхностное натяжение ниже, чем у Al и Si, что указывает на возможность этих элементов являться поверхностно-активными модификаторами.

В качестве соединений, с помощью которых в расплав должны вводиться исследуемые щелочные металлы, выбраны азотнокислые соли. При их разложении образуются окислы выбранных элементов, азот или оксид азота и кислород. Также был проведён термодинамический анализ восстановления рассматриваемых элементов из окислов в алюминиево-кремниевом расплаве. Термодинамические расчёты показали, что при температуре расплава 750°С (1023К) алюминий должен восстанавливать Rb, Cs, K, Na из окислов. Восстановление Li алюминием маловероятно. Кремний также должен восстанавливать Rb, Cs, K, а вероятность восстановления Na и Li кремнием – очень мала.

Расчетное количество исследуемых элементов, вводимых в сплав, было выбрано равным 0,1%, 0,3%, 0,5%, 1,0% от веса плавки.

Результаты механических испытаний сплава АК12 после его обработки азотнокислыми солям показали, что обработка расплава азотнокислыми солями Rb, Cs, K, Na и Li оказывает положительное воздействие на механические свойства сплава АК12. Наиболее высокие механические свойства получены при обработке сплава АК12 солями на основе нитратов рубидия и цезия, что подтверждается термодинамическими расчётами.

Необходимо проведение дальнейших исследований по использованию азотнокислых солей. Для практического применения и разработки технологии модифицирования силуминов необходимо изучение влияния рассмотренных солей на технологические свойства сплава АК12, а так же их влияния на свойства сплавов АК9ч и АК7ч. Это позволит продолжить практику совершенствования технологии модифицирования силуминов.

Литература:

1. Ряховский А.П., Петров И.А., Шляпцева А.Д., Моисеев В.С. Исследование модифицирующего влияния углекислых солей на сплав АК12 // Литейщик России. – 2013г.- №2 с. 20–22.

Перспективные технологии аэрокосмического комплекса VI технологического уклада

Фертиков А.О.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Силуянова М.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
alexfertikov@gmail.com

Формирующийся V-й технологический уклад аэрокосмического комплекса позволяет производить сложную и наукоемкую продукцию высокого качества, носами техпроцессыостаются трудоемкими,энерго- и ресурснозатратными. Это не позволяет считать их эффективными в рамках существующих конкурентно-рыночных условий.

В свою очередь, трудоемкость и стоимость любого объекта производства любой отрасли машиностроения при прочих равных условиях снижаются, когда применяются технологии изготовления, при которых уменьшается количество материала, перерабатываемого в отходы. Потому, для повышения эффективности и конкурентоспособности производства, необходимо сокращение его отходности.

Становится очевидно, чтодальнейшее создание все более сложных версий классических обрабатывающих станков и даже организация на их основе автоматических

линий (с наименьшими достижимыми затратами перерабатывающих полноценный металл заготовок в отходы) будет недостаточными, чтобы серьезным образом обеспечить уменьшение общих расходов, так как традиционные способы получения деталей даже теоретически не могут обеспечить коэффициент использования металла исходного слитка более 40%. Затраты на переработку металла в стружку иногда могутмногократно превосходить стоимость самого перерабатываемого металла. К тому же на производствах сохраняется необходимость в затратах на десятки подготовительных операций: резку заготовок, горячую обработку давлением, многооперационную механообработку и т.п.

Необходимо своевременно признать, что концепция существующего технологического уклада уже в скором времени не сможет адекватно отвечать реалиям формирующейся действительности следующего технологического уклада, где производство должно обеспечивать не только еще более высокую скорость и качество изготовления деталей и узлов для аэрокосмическойпромышленности, но ипримене в них новых перспективных материалови высокую экономическую рентабельность.

В целях повышения качества изготавливаемых изделий, а также уменьшения их стоимости и времени производства, необходимо повсеместное внедрение технологий, в которых предусмотрено полное отсутствие отходов материала, экологическая безопасность, высокая автоматизация и простота эксплуатации.

Перспективныетехнологии аэрокосмического комплекса VI уклада:

1. Внедрение принципиально новых прессов сверхвысокого давления, использующих эффекты гипербарической сверхпластичности и текучести любых твёрдых материалов, что позволяет формировать сложные детали без дополнительнойобработки.
2. Модернизация существующего парка металлообрабатывающих станков с целью многократногоповышения точности обработки за счёт новой системы управления.
3. Применение трёхмерной лазерографии для прототипирования деталей и узлов.
4. Аддитивные и порошковые технологии (с использованием сверхвысокочастотных генераторов для спекания и прессов для многоцикловой подпрессовки) для керамо-матричных композиционных материалов и иных композитов.
5. Ионно-плазменные магнетронные распылительные системы для нанесения керамо-матричных покрытий, а также нейтронно- и лазер-активируемые технологии для создания волоконных, пленочных и объёмных изделий из неорганических полимеров.
6. Таким образом, несмотря на все сложности и сопротивление, уже сейчас необходимо находить и внедрять в аэрокосмический комплекс перспективные технологии и машины-орудия для их осуществления.

Выбор антикоррозионного покрытия для деталей специзделий из алюминиевых сплавов

Фомин А.Ю.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Курицына В.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
AleksandrFomin92@yandex.ru

Изделия и детали из алюминиевых сплавов широко распространены в авиационной промышленности и изделиях специального назначения. Алюминий имеет свойства соединяться в естественной среде с кислородом, образуя при этом на своей поверхности защитную плёнку. Именно данный слой позволяет не окисляться металлу. Но подобный природный оксид способен повреждаться, потому что является очень тонким. Повреждение этого слоя приводит к коррозии материала, и, как следствие, снижает срок хранение и надёжность работы изделий.

Для защиты таких изделий от коррозии можно использовать специальные покрытия, сопротивляющиеся развитию коррозии и увеличивающие тем самым срок их хранения и надёжность работы. В данной работе проведён анализ нескольких вариантов таких покрытий, с целью выбрать наиболее оптимальный.

Анализ покрытий осуществлялся на примере детали «Панель», изготовленной из алюминиевого сплава В96-Ц3.

В качестве объектов анализа были выбраны следующие варианты коррозионно-стойких покрытий:

А - Анодирование;

Б – Микродуговое оксидирование (МДО);

В- Хромирование.

Для выявления наиболее оптимального коррозино-стойкого покрытия для защиты данной детали использовался следующий набор критериев:

- Коррозионая стойкость детали после покрытия;
- Микротвёрдость детали после покрытия;
- Шероховатость детали после покрытия;
- Толщина наносимого покрытия;
- Трудоёмкость метода;
- Себестоимость метода;
- Экологичность метода;
- Прочность сцепления.

Анализ проведён на основании литературных и экспериментальных данных. По результатам анализа наилучшие показатели по совокупности рассматриваемых критериев показал процесс микродугового оксидирования (МДО). Следовательно, именно МДО является оптимальным выбором покрытия для защиты деталей специзделий от коррозии.

Данное заключение подтверждено также и методом экспертных оценок, где по совокупности критериев, группа экспертов, на основании личного опыта, выставляла оценки каждому варианту покрытия. Заключение экспертизы также показало, что МДО является оптимальным покрытием для защиты деталей специзделий от коррозии.

Таким образом, защита от коррозии деталей и изделий из алюминиевых сплавов является очень важной задачей. Процесс микродугового оксидирования (МДО) является оптимальным решением этой задачи.

Конструктивные особенности смесительной головки жидкостного ракетного двигателя первой ступени

Фролов А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Силуянова М.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
mokcha13@mail.ru

Смесительная головка предназначена для ввода компонентов топлива в огневое пространство камеры и первоначального их перемешивания между собой.

Она состоит из фланца с выравнивающей решеткой и смесителя. Смеситель состоит из корпуса смесителя, среднего и внутреннего днищ, основных и выступающих форсунок.

Смеситель представляет собой паяно-сварную конструкцию, при этом внутренне внутреннее днище, форсунки и штифты соединены с соответствующими сопрягаемыми деталями при помощи пайки серебряным припоем, а коллектор и днище среднее с корпусом – сваркой.

Смесительная головка имеет две полости:

полость горючего, образованную средним и внутренним днищами и корпусом смесителя;

газовую полость, образованную фланцем с выравнивающей решеткой и средним днищем.

Полость горючего предназначена для подвода горючего к форсункам и охлаждения внутреннего днища. Для улучшения охлаждения на торце цилиндрической части внутреннего днища имеются тангенциальные отверстия, образующих первых пояс завесы камеры.

Газовая полость предназначена для подвода окислительного газа к форсункам. В этой полости, для обеспечения равномерности распределения окислительного газа по форсункам, установлена выравнивающая решетка.

Ввод компонентов топлива в камеру производится через 271 основную форсунку, где 54 форсунок выполнены выступающими в огневое пространство камеры и образующие антипульсационные перегородки. Форсунки расположены по концентрическим окружностям.

Основные форсунки представляют собой двухкомпонентные, струйно-центробежные форсунки.

Окислительный газ поступает в форсунку через жиклер и далее через центральный канал корпуса в камеры, а горючее – через тангенциальные отверстия втулки.

Корпус центральной основной форсунки выполнен заподлицо со среднем днищем для обеспечения слива компонента из газовой полости между пусками.

Выступающие форсунки представляют собой также двухкомпонентные струйноцентробежые форсунки. Окислительный газ поступает в камеру через центральный канал корпуса, имеющий на входе жиклер, а горючее через жидкостной тракт, состоящий из радиальных отверстий, оребренного участка и шнекового завихрителя.

На фланце имеется коллектор для подачи жидкого кислорода в тракт охлаждения узла качания.

На цилиндрической части внутреннего днища и на среднем днище со стороны газовода нанесено покрытие из гальванического никеля.

Внутреннее днище, выступающие форсунки и штифты изготавливаются из бронзового сплава БрХ08, а фланец и выравнивающая решетка – из жаропрочного никелевого сплава ХН67МВТЮ. Основные форсунки изготовлены из стали 12Х18Н10Т, за исключением жиклеров, выполненных из сплава ХН78Т. Остальныедеталисмесительнойголовкиизготовленыизвысокопрочнойстали 06Х15Н6МВФБ.

Влияние конструктивных параметров универсальной лазерной головки на процессы лазерной резки

Хайруллина Л.Р.
Научный руководитель – профессор, к.т.н., Смородин Ф.К.
КНИТУ-КАИ, каф. РДиЭУ
Lraisovna88@mail.ru

Разработана универсальная лазерная оптическая головка, позволяющая выполнять три технологические операции на одной головке за счёт смены режимов на блоке лазерного технологического комплекса.

Для внедрения в производство аэрокосмической техники высокопроизводительного и малоотходного процесса лазерной резки (ЛР) важно выяснить оптимальные условия его проведения и оценить технологические показатели. Качество ЛР оценивают по основным показателям: ширине реза b, размерам зон термического влияния ($\delta_{зтв}$), шероховатости поверхности реза Rz. Для прецизионной лазерной резки к названным показателям добавляются такие, как параллельность стенок реза, степень их оплавления, отсутствие грата на кромках деталей.

Для фокусировки лазерного луча применялось линза из селенида цинка с фокусным расстоянием 63 мм, установленная в лазерной головке. Диаметр фокального пятна составлял ≈ 0,08 мм, при этом плотность мощности в фокальном пятне была около $6 \cdot 10^6$ Вт/см^2. В зону резания на всех режимах соосно лучу подавалась струя кислорода через звуковые сопла Ø 0,6 и 1,0 мм.

На начальном этапе определялось оптимальное положение фокального пятна (т.е. глубины фокусирования) в зависимости от типа материала и толщины листа. Опытами установлено, что для обеспечения параллельности стенок реза и постоянства ширины реза (b ± 0,02 мм) заглубление фокального пятна должно быть ≈ 0,4 h, для нержавеющей стали

(12Х18Н1ОТ) - 0,3 h и жаропрочной стали (ЭИ-703) - 0,25 h. При названных значениях глубины фокусирования луча осуществлялась резка шаблонов со сложным контуром и тонкими перемычками (1...2 мм).

Экспериментально получено, что производительность процесса ЛР наивысшая для конструкционной стали, для нержавеющей стали - в 1,4 раза ниже, а для жаропрочной стали производительность ниже в 2,6 раза. Условия резки были практически одинаковыми, Ст37 по своим теплофизическим свойствам соответствует Ст2пк.

Для оптимизации технологических показателей ($\delta_{зтв}$, b, R_z) процесса ЛР материалов, особенно для резки жаропрочных сталей, перспективным является разработка лазерных установок, генерирующих П - образное угловое распределение энергии с крутым спадом на краях. Аналогичную роль могут выполнять адаптивные зеркала или другие корректоры волнового фронта.

Результаты, полученные в данной работе, а именно безгратовая резка и высокие параметры резки $h_в$=30, позволяют эффективно использовать прецизионную лазерную резку вместо штамповки и вырубки по контуру для получения широкой номенклатуры деталей сложной конфигурации.

Влияние эффекта модифицирования на процесс кристаллизации сплава АК12 в системах компьютерного моделирования литейных процессов

Хватов Е.В.
Научный руководитель – к.т.н., Петров И.А.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
shane-92@mail.ru

В настоящее время все чаще применяются системы компьютерного моделирования (СКМ) при разработке технологических процессов изготовления сложных отливок из различных металлов и сплавов. Методы математического моделирования литейных процессов относятся к системам инженерного анализа (CAE - Computer-aided engineering) и позволяют произвести оценку различных вариантов изготовления отливки, что дает возможность подобрать технологические параметры, которые обеспечат стабильную, бездефектную и экономически выгодную технологию. Несмотря на высокую точность выдаваемых результатов расчетов, конечно при адекватных граничных условиях, СКМ не всегда учитывает все существующие параметры, которые оказывают то или иное влияние на процесс затвердевания отливки в форме. В частности следует отметить, что эффект модифицирования при кристаллизации отливок из алюминиевых сплавов системы Al-Si в явном виде в СКМ литейных процессов не изучен и не предусмотрен. Это безусловно может сказаться на адекватности проводимых расчетов. Для учета в СКМ модифицирующего эффекта при кристаллизации необходимы следующие данные: параметры, учитывающие выделения твердой фазы в интервале кристаллизации; реальные значения температур фазовых превращений [1].

В работе проведена оценка влияние эффекта модифицирования на процесс кристаллизации отливки «Корпус масленого насоса» из алюминиевого сплава АК12 при литье в кокиль с помощью программы моделирования литейных процессов СКМ ProCAST. Для учета эффекта модифицирования при кристаллизации использовались данные, полученные при анализе кривых дифференциального термического анализа, в частности функции выделения твердой фазы в интервале кристаллизации и температуры фазовых превращений. В рамках компьютерного моделирования в СКМ ProCAST были проведены следующие вычислительные эксперименты:

1. Расчет процесса кристаллизации отливки из немодифицированного сплава АК12. Свойства сплава АК12 взяты из термодинамической базы СКМ ProCAST.

2. Расчет процесса кристаллизации отливки из сплава АК12, модифицированного стандартным флюсом.

3. Расчет процесса кристаллизации отливки из сплава АК12, модифицированного КМФ.

Анализ результатов компьютерного моделирования с помощью СКМ ProCAST процесса кристаллизации отливки «Корпус масленого насоса» с использованием данных кривых кристаллизации сплава АК12, модифицированного стандартным флюсом и КМФ, показывает, что погрешность расчета существенно уменьшается (распределение пористости и время затвердевания отливки).Проведенные исследования показывают, что при компьютерном моделировании процессов кристаллизации отливки «Корпус масленого насоса» из сплава АК12 необходимо учитывать эффект модифицирования. Для этого необходимо учитывать данные экспериментально полученных функций выделения твердой фазы в интервале кристаллизации и температур фазовых превращений. Применение полученных результатов позволит значительно повысить точность компьютерного моделирования для литейных алюминиевых сплавов.

Литература:

Петров И.А., Бережной Д.В., Ряховский А.П., Моисеев В.С. Влияние эффекта модифицирования на процесс кристаллизации алюминиевых сплавов системы Al-Si // Металлы. – 2017г.- №2 с. 29–32.

Разработка технологического процесса детали типа фланец из алюминиевого сплава АМг6 с помощью производственных информационных технологий

Хмызенко И.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Галкин В.И.
МАИ, каф. ТОМД
tomd@mati.ru

Штамповки фланцев применяют для изготовления топливных переходников. Топливный переходник является деталью ответственного назначения, используемой в ракетной технике. Штамповка фланца происходит за два перехода, на первом переходе происходит осадка заготовки, на втором штамповка в одноручьевом штампе по методу обратного выдавливания. Штамповка ведется при температуре 400 ^{0}С. При штамповке фланца образуется дефект в виде черной полосы, который ухудшает коррозионные свойства детали, что может привести к хрупкому разрушению детали.

Основной целью работы послужило изучение причин образования данного дефекта, разработка нового технологического процесса с применением новой схемы штамповки подобных деталей. При математическом моделировании в CAE – системе QForm с помощью линий Лагранжа хорошо наблюдается образование дефекта. При дальнейшем моделировании изменяется схема штамповки с обратного выдавливания на вытяжку. Для изменения схемы штамповки, увеличивается степень деформации при осадке. В базовом технологическом процессе степень деформации при осадке составляла 50 %, при разработке нового технологического процесса степень деформации составила 59 %. Для сплава АМг6 наилучшее сочетание прочностных и пластических свойств достигается при степени деформации до 85 – 95 %. Для достижения такой степени деформации необходимо провести предварительную осадку заготовки с максимально допустимой степенью деформации до 60 % [1]. Также математическое моделирование показало, что штамповка фланца при 400 ^{0}С невозможна, т.к. при штамповке в металле происходит деформационный разогрев, который приводит к значительному повышению температуры штамповки. Максимальный показатель температуры штамповки составил 495 ^{0}С учитывая, что температура солидуса для АМг6 490 ^{0}С [1]. За счет повышенной температуры возможно развития межкристаллитной коррозии, во избежание этого устанавливаются границы температуры горячей деформации. Нагрев перед деформацией ведется до температуры не более 350 ^{0}С, деформационный разогрев не должен превышать 430 ^{0}С.

Математическое моделирование показывает, что при смене метода штамповки с выдавливания на вытяжку и уменьшения температурных параметров, структура материала фланца полностью равномерно деформирована без образования дефектов.

Литература:

1. Головкин П. А. «Совершенствование процесса штамповки осесимметричных фланцев из алюминиево – магниевых сплавов», 2004.

2. Крутина Е. В. «Разработка технологических процессов холодной объемной штамповки осесимметричных деталей комбинированием поперечного выдавливания и высадки», 2003.

Опыт проектирования литьевой оснастки в модуле Mold Design CAD/CAM Cimatron для деталей сложной криволинейной формы

Четверикова А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Калачев О.Н.
ЯГТУ КИ ТМС
nastyapetrelli13@gmail.com

Общеизвестно, что успешность современного производства зависит от его уровня подготовки, то есть качественно и своевременно выпускать требуемый объём продукции. Чтобы создать такое конкурентно способное предприятие, необходимо не только очень чётко расписать технологические процессы на производстве, но и обеспечить предприятие компьютерно-интегрированными системами, позволяющими и автоматизировать часть процессов, и создать «бесшовность» пути создания детали от начала проектирования, до готовой продукции. Для того чтобы специалисты, участвующие в проектно-конструкторских и технологических работах, могли беспрепятственно переходить из CAD – 3D моделирования, в CAM – создание управляющей программы, и существует такая программа как Cimatron.

С помощью этой системы автоматизированного проектирования можно не только создать 3D-модель, сборку, но и спроектировать обработку на станке с ЧПУ, получить управляющую программу, создать матрицу и пуансон (верхнюю и нижнюю полуформы), а также полностью всю литниковую систему. Пространственная модель изделия, единая база данных, единый интерфейс для конструкторов и технологов являются важными составляющими для эффективной интеграции и взаимопонимания специалистов.

Чтобы показать все возможности системы, создана трехмерная модель корпуса компьютерной мыши сложной формы. Сложности создания такой модели заключается в необходимости использования криволинейных плоскостей, которые ограничивают модель как сверху, так и снизу, в получении выемки, куда будут устанавливаться кнопки. Данная выемка должна быть равномерной по всей плоскости, и система Cimatron, позволяет сделать её с помощью функции *«Удаляющее выдавливание до плоскости»*.

Для получения пресс-формы используем модуль Mold Design для создания 3D-моделей, матрицу и пуансон. При отливке детали сложной конфигурации разъем полуформ должен быть ступенчатым, что тоже можно сделать в программе. При проектировании литьевой формообразующей оснастки использована система стандартов HASCO. Внедрение модульной системы стандартов для изготовления пресс-форм фирмой HASCO стало основой для мировых стандартов и произвело настоящую революцию в производстве пресс-форм.

Система Cimatron должна быть интегрирована с PDM-системой. Она гарантирует сохранность информации, ускоряет движение и обеспечивает контроль передвижения информации. Рассматривается использование ЛОЦМАН:PLM (продукт компании АСКОН) для организации электронного документооборота технической подготовки производства, ведения информации конструкторских и технологических проектов от зарождения до «электронных» архивов, создания и ведения баз данных конструкторского и технологического назначения и проектирования технологических процессов.

Преимущества приборов нанометрового диапазона

Шаблий А.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Токмакова Т.В.
МАИ, ТППДЛА
dambr-wolf@mail.ru

На сегодняшний день одним из важнейших направлений промышленности является проектирование двигателей. Разрабатываются двигатели нового поколения – пятого. Как следствие появляется необходимость в использовании более точных средств измерения, чем раньше. До настоящего времени при конструировании двигателей летательных аппаратов для измерения линейных размеров использовались такие измерительные приборы, как микромер, штангенциркуль, ультраоптиметр и другие. При постановке задачи измерения размеров в нанометровом диапазоне такие измерительные средства являются весьма неточными и поэтому не могут гарантировать успешное выполнение поставленной задачи.

Однако с появлением приборов нанометрового диапазона задача по снятию более точных размеров стала решаться весьма легко. Отличительной особенностью таких приборов является высокоточность и то, что они не требуют специальных условий для своей работы.

Подключение дополнительных модулей таких как, например, лазерный интерферометр подбираемых в зависимости от поставленной заказчиком исследовательской задачи обеспечивает дополнительную точность проводимых измерений.

Интерферометр является малогабаритным интегрированной системой для измерений и снятия показаний при работе в режиме реального времени. Источником излучения является лазер, рассчитанный на работу при мощности 1 мВт.

Для анализа собственных метрологических характеристик средства проводится ряд испытаний с использованием линейных мер, предназначенных для настройки Z-оси сканирующих микроскопов и анализа нелинейности, откалиброванных в PTB на метрологическом микроскопе. Для всех мер значения, измеренные на новых приборах, определились в 95% доверительном интервале. Полученные результаты дают возможность утверждать, что приборы можно использовать как рабочий стандарт в целях измерения любых внешних и внутренних размеров и определения допусков в нанометровом масштабе, из чего следует, что это позволит обеспечить отслеживание измерений любых размеров такими методами как, например, сканирующая микроскопия.

Основным целью приборов является расчет метрологических характеристик для иных сканирующих микроскопов и гарантирование высокой степени точности измерений и снятия показаний любых размеров в нанометровом масштабе при создании деталей и сборочных единиц для двигателей летательных аппаратов, а также в задачах сертификации, стандартизации и контроля продукции.

Особенности научно-технической экспертизы технологических систем наукоемких производств

Шахривар С.М., Моени Табатабаи Д.С., Курицын Д.Н.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Курицына В.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
tpdla@mail.ru

Авиационная промышленность является одной из приоритетных отраслей экономики, обеспечивая инновационный характер развития. Проблема адекватного информационного обеспечения принимаемых решений в сфере технологического обеспечения производств авиационного машиностроения сегодня рассматривается как одна из ключевых. До сих пор она решалась за счет использования накопленных экспертами знаний, заказа специальных обзорных материалов и создания банков справочно-реферативной информации в рамках конкретных проектов. Однако, очевидно,

что этого явно недостаточно. Необходимо динамическое получении достоверной и содержательной информации о различных процессах, тенденциях и явлениях в условиях производственных рисков и конкуренции в условиях обратных связей координации стратегического планирования и реализации на практике конкретных механизмов внедрения и поддержки инновационных технологий [1].

Эффективность принятия тактических и стратегических решений в деле технологической модернизации в значительной степени зависит от того, насколько точно будут сформулированы приоритетные цели и задачи. Приоритеты многокритериальных оценок и решений должны опираться на спектр инновационных технологических направлений, учитывать современные глобальные научно-технологические тренды. Экспертиза эффективности, перспективности, приоритетности финансирования и развития отдельных (локальных) проектов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и инженерно-технических работ неразрывно связана с оценкой весомости их вклада в достижение целей, указанных в паспорте описания критической технологии, скорости и затратности достижения целевых показателей.

Трудности в объективной всесторонней оценке конкретных инновационных предложений и решений заключаются в многомерности и многокритериальности анализа. Субъективность и вероятность технических ошибок мнений отдельных экспертов при проведении оценок усиливается необходимостью сопоставлять текстовые слабоструктурированные документы: 1) паспорта критических технологий и 2) научно-технические предложения (технические задания, бизнес-планы и т.п.). Приведение задачи оценки к простому многокритериальному анализу по таким типовым критериям, как объем задела работ, близость к внедрению, требуемые материальные и финансовые ресурсы, экономический эффект и т.п. не всегда позволяют по обобщенному интегральному показателю объективно оценить степень актуальности (критичности) разработки и степень «экстренности» (первоочередности) ее поддержки в данное время.

Разработка структурных и инфологических моделей руководящих стратегических документов с одной стороны и таких же моделей тактических инновационных предложений, включающих гибкие настраиваемые алгоритмы обработки, сводящие к минимуму ошибочные мнения экспертов, – с другой, является актуальной для сопровождения автоматизированных систем обработки экспертных мнений, позволяющих с достаточной точностью и достоверностью делать прогнозы и принимать управленческие решения, формировать картину будущего развития техники и технологий.

Литература:

1. Силуянова М.В., Курицына В.В., Иосифов П.А. Стратегии, методы и модели управления технологическим развитием производств авиационно-космического машиностроения. – М.: Изд-во МАИ, 2016. – 160 с.

Разработка методики измерения точностных параметров в процессе сборки изделий аэрокосмической техники с применением лазерного трекера

Аушкин Г.И., Шемонаева Е.С.
МАИ, каф. ТПЛА
shemonaevaes@mati.ru

Внедрение лазерного трекера в процесс контрольных измерительных операций при окончательной сборке изделий авиа- и ракетно-космической техники влечет за собой изменение существующих методик, которые разрабатывались для традиционных оптических приборов. Это вызвано различными принципами базирования приборов, способом интеграции прибора в систему координат изделия, снятием показаний и обработкой результатов измерений.

Традиционные оптические приборы, такие как нивелир, требуют приведения контролируемого объекта в горизонт. Наибольшие трудности возникают тогда, когда изделие имеет большие габариты. В этом случае встает необходимость его неоднократного вращения и переустановки, что значительно увеличивает трудоемкость операции по измерению. Ввиду особенностей работы оптических приборов, снятие

показаний ведется с реек, которые имеют большие габариты не зависимо от величины контролируемого объекта. Такой способ снятия показаний вызывает сложность при установке и перемещении реек.

Кроме того, оптические приборы имеют высокие требования к условиям проведения контрольных измерительных операций. Например, при недостаточной освещенности снятие показаний будет неверным. Определение базового сечения и анализ отклонения контролируемых параметров производится вручную по сложным математическим зависимостям. Перечисленные факторы вызваны тем, что методики контроля основаны на аналоговых способах получения результатов и обусловлены применяемыми приборами, разработанными задолго до цифровых технологий.

Использование лазерного трекера для контрольных измерительных операций в процессе окончательной сборки значительно упрощает методику: сокращается время проведения замеров, а определение отклонений контролируемых параметров сводится к работе на рабочей станции. При этом условия окружающей среды уже учтены.

В процессе измерения контролируемых параметров лазерным трекером снятие показаний происходит при непосредственном касании элементов контролируемого объекта отражателем. В отличие от системы нивелир-рейка отражатели лазерного трекера имеют небольшие габариты, что позволяет устанавливать их локально и исключает вероятность неверного позиционирования считывающего устройства.

Измерение производится непосредственно от системы координат объекта, данные о котором вводятся и хранятся на рабочей станции. Все работы по обработке и формированию отчета производятся на рабочей станции при минимальном участии оператора, что ведет к возможности автоматизации процесса, если он является типовым.

В настоящее время не существует общепринятых методик измерения точностных параметров в процессе стыковки крупногабаритных изделий авиа- и ракетно-космической техники. В работе проводится разработка методики измерений точностных параметров в процессе окончательной сборки авиа- и ракетно-космической техники и ее экспериментальная отработка. Разработанная методика позволяет снизить трудоемкость (а кроме того, уменьшить количество задействованного персонала) в процессе измерения точностных параметров перед окончательной стыковкой крупногабаритных частей авиа- и ракетно-космической техники.

Выбор технологического оснащения: сравнение индивидуальной и коллективной экспертных оценок

Шмаков И.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Юрин В.Н.
МАИ, каф. ТППДЛА
universe1366@gmail.com

Актуальная задача технологической подготовки производства – обоснованный выбор технологического оснащения на основе анализа ряда альтернативных вариантов. Эффективными методами решения возникающих при этом многовариантных и многокритериальных задач являются методы экспертного оценивания. Известны [1] методы индивидуальных и коллективных (групповых) экспертных оценок. Они различаются по трудоемкости реализации (из-за разной сложности организации процесса оценивания) и по рискам принятия решений (из-за разной степени влияния субъективности оценок). В связи с этим представляет интерес сравнение получаемых при этом оценок между собой при выборе технологической оснастки.

Указанное сравнение проведено на примере выбора оптимального технологического оснащения для операции фрезерования маложесткой детали в условиях базового предприятия из трех альтернативных вариантов оснастки, отличающихся базированием и закреплением заготовки с использованием: А – универсальной оснастки (тисков); Б – специального ложемента; В – оснастки, изготовленной на основе сплава Вуда.

Процесс и результаты указанного выбора при применении метода индивидуальных экспертных оценок по методике [2] рассмотрены в работе [3]. Метод групповой экспертной оценки реализован с использованием критериев оценки, установленных в работе [3]: жесткость закрепления заготовки, точность базирования заготовки, быстродействие приспособления, стоимость изготовления приспособления, переналаживаемость приспособления, трудоёмкость эксплуатации приспособления, экологичность. При этом по методике [4] была сформирована группа из 5 экспертов, оценена их квалификация и значимость, определены согласованность мнений экспертов и значимость вышеуказанных критериев. По этим критериям эксперты проставляли оценки рассматриваемым альтернативным вариантам приспособлений, на основании которых было сделано экспертное заключение.

В результате проведённого индивидуального и коллективного экспертного оценивания определено, что наиболее полно удовлетворяет установленным критериям при заданном уровне значимости оснастка с использованием сплава Вуда (вариант В). При этом различие индивидуальных и коллективных оценок составило: для варианта оснастки А – 7,2 %, для вариантов Б и В – 1,4 %.

Для корректного выбора варианта оснащения при минимальных затратах на экспертизу важно приобретение компетенции оценивания альтернатив уже при обучении.

Литература

1. Справочник по функционально-стоимостному анализу. /Под ред. М.Г. Карпунина, Б.И. Майданчика. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 431 с.

2. Альбом технологической оснастки для станков с ЧПУ в авиадвигателестроении. Учебн. пособие. Ч.1. Станочные приспособления для станков с ЧПУ в авиадвигателестроении./В.Ф. Безъязычный, В.Д. Корнеев, В.Н. Ливанов, В.Н.Юрин и др. Под общ. ред. В.Ф. Безъязычного. – М.: Машиностроение, 2000. -147 с.

3. Шмаков И.В. Обоснование выбора технологического оснащения операции обработки маложестких деталей. / Гагаринские чтения – 2016: XLII Международная молодёжная научная конференция: Сб. тезисов докладов: Т. 3.– М.: МАИ, 2016. – С. 322.

4. Курицына В.В., Косов Д.Е., Курицын Д.Н. Автоматизация задач экспертного оценивания в процедурах технологического менеджмента авиационного производства.//Научные труды (Вестник МАТИ), 2012. Вып. 19 (91). - С. 162-173.

Проблема интеграции реактивных сопел в планер самолета, выполненного по схеме «летающее крыло»

Шпагин В.П.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Силуянова М.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
vshpag@gmail.com

Реактивные сопла занимают важное место в комплексе проблем разработки перспективных летательных аппаратов (ЛА). Проведенный анализ существующих решений показал, что с точки зрения расширения возможностей современного ЛА важными являются следующие проблемы: уровень эффективной тяги сопел, интеграция сопел в компоновку самолета, обеспечение требуемой устойчивости и управляемости ЛА путем реализации газодинамического управления в потоке газов на выходе сопла, а также оптимизация конструкции сопел, снижение их веса, охлаждение и т.д.

Решением представленных выше проблем для рассматриваемого дозвукового самолета, выполненного по схеме «летающее крыло», может послужить применение плоского реактивного сопла. В качестве преимущества плоских сопел в интегральных компоновках можно отметить: улучшение аэродинамических характеристик самолета за счет оптимальной интеграции силовой установки в планер, возможность использования эффекта «суперциркуляции» и существенное упрощение конструктивной реализации управления вектором тяги. В качестве наиболее часто встречающегося решения для обеспечения всего спектра компоновочных требований, в первую очередь может быть рассмотрен вариант с плоским S-образным каналом сопла.

В свете вышеизложенного, в данной работе проведено расчетное исследование структуры течения в криволинейном канале реактивного сопла, интегрированного в планер самолета, выполненного по схеме «летающее крыло», при дозвуковых скоростях. В рамках рассматриваемой работы был спроектирован изогнутый s-образный канал дозвукового сопла переменного сечения. В зоне стыковки с двигателем канал имеет форму окружности, выходное сечение имеет форму прямоугольника с закругленными углами. В соответствии с требованием максимально полного преобразования потенциальной энергии в кинетическую для дозвуковых сопел, канал - конфузорный, закон изменения площадей поперечных сечений - линейный.

Численное моделирование течения воздуха в рассматриваемом канале сопла, выполненное с помощью программного комплекса ANSYS CFX, показало следующие результаты:

- линии тока по тракту выходного устройства плавные, отрывы и рециркуляционные зоны отсутствуют;
- имеет место ярко выраженный градиент скорости, направленный от входного сечения выходного устройства к срезу сопла;
- коэффициент скорости сопла $\varphi_c \approx 0,98$ (Моделируемый режим работы $H=0$, $M=0$).

Литература:

1. Силуянова М.В., Шпагин В.П., Юрлова Н.Ю. Численное моделирование течения воздуха в искривленном канале и анализ различных способов его улучшения. Научные труды (Вестник МАТИ). 2014. № 23 (95). С. 77-81.

2. Силуянова М.В., Шпагин В.П., Юрлова Н.Ю. Анализ влияния внедрения искривленных дефлекторов на характеристики плоского реактивного сопла. Труды МАИ. 2015. № 84. URL: http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=63032.

Автоматизация технологической подготовки производства мелкосерийного многономенклатурного производства на основе применения CALS-технологий

Эристова О.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Вартанов М.В.
Московский политехнический институт, каф. ТиОМ
o.eristova@gmail.com

Для производства сложных технических изделий важно совершенствовать все процессы жизненного цикла для выпуска конкурентоспособной наукоемкой продукции в минимальные сроки.

При запуске в производство продукта необходимо наличие полных комплектов конструкторской, технологической документации и средств технологического оснащения. Для запуска процессов технологической подготовки производства важно получить на входе рабочую конструкторскую документацию на изделии. Информация должна быть целостной и непротиворечивой, т.к. на этом этапе создается документация для обеспечения производственных процессов.

Исторически техническая подготовка подразумевала работу с бумажной документацией. Процесс согласования и управления изменениями бумажной документации долгий и трудоемкий. Своевременно реагировать на изменения и отслеживать историю на всех этапах жизненного цикла практически невозможно. Следует учесть, что в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства объем технической информации увеличивается многократно.

CALS – современные технологии, которые не только обеспечивают поддержку инженерных решений на отдельных этапах, но и информационную интеграцию всех процессов. В рамках единого информационного пространства CALS-технологии позволяют организовать параллельную работу различных специалистов. Интегрируют бизнес-процессы и потоки информации об изготавливаемом изделии. Процесс управление цифровыми данными об изделии и жизненным циклом изделия значительно упрощается.

Основное назначение этой технологии – интеграция всех информационных систем производственного предприятия: CAD/CAM, CAE, CAPP, CAAP, PDM, ERP, MRP, MES, STADA, SCM и CRM как единого информационного пространства.

Работа над проектированием нового изделия конструкторов и технологов с единой электронной документацией создает возможности для параллельного проектирования изделия, создания сквозных технологических процессов.

Главное препятствие - человеческий фактор. Возможно внесение ошибки, появление которой вызовет цепь ошибочных или нерациональных решений. Это можно избежать при подготовке инженерных кадров, работающих с системой и при внедрении системы ответственности за согласование технической документации.

За счет использования CALS-технологий возможно:

- сократить время на согласование документации;
- сократить материальные ресурсы на создание продукта и запуск его в производство;
- сократить циклы подготовки и производства продукции;
- снизить затраты на разработку за счет повторных использований инженерных данных;
- сократить трудоемкость всех процессов.

Целесообразно применять CALS-технологии именно на предприятиях, выпускающих широкую номенклатуру продукции с высокой конструктивно-технологической сложностью.

Технологическое решение получения полых отливок при гравитационном литье

Юдаков Е.О.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Смыков А.Ф.
МАИ, каф. ТиСАПР МП
xzxzxz07@inbox.ru

При производстве литых фасонных изделий достаточно трудоемким является процесс создания пустотелых отливок с требуемыми по геометрии внутренними полостями. В настоящее время для получения таких литых заготовок используют разные технологические решения. Наиболее часто встречающиеся из них это применение стержней, как постоянных, так и разовых в формах, используемые при различных способах литья (гравитационным, под давлением, центробежным и др.) и получение полых отливок за счёт самого способа литья, например, центробежным литьем изготовления труб, колец различных диаметров и толщин стенок. Перечисленные технологии подтвердили свою работоспособность с различными сплавами и в разных отраслях промышленности.

Заслуживает внимания вариант с использованием газового давления для уменьшения прибыли. Для этого в прибыльную часть отливки в период её кристаллизации подводят порцию инертного газа, который создает дополнительное давление, и это способствует получению плотного литого изделия без усадочных дефектов. При этом в самой прибыли образуется полость в виде газовой раковины в верхней ее части.

В качестве нового варианта для получения пустотелых отливок предлагается технологическое решение без стержневого оформления полости при гравитационном литье. Суть этого предложения заключается в том, что в форме, после её заливки расплавом, создаются условия для последовательной кристаллизации сплава от её стенок. Затем жидкий расплав из полости формы удаляется, но при этом остаётся внешняя корка затвердевшего металла, оформляющая контуры фасонной отливки. Регулируя начало выталкивания расплава из полости формы, после её заливки, можно получить отливку с нужной толщиной стенок. Требуемая толщина стенок определяется расчетным путем с учетом теплообмена в системе отливка - формы по значению времени начала выталкивания. С этой целью разработана методика расчета времени выталкивания расплава из полости формы на основе уравнения теплового баланса, включающая алгоритм ее компьютерной реализации.

Достоинством предлагаемого технологического решения состоит в несложности его реализации и его применение не требует использование прибыли при получении литого изделия.

Предложенное новое технологическое решение опробовано на экспериментальных отливках из алюминиевых сплавов, полученных в песчано-глиняных формах.

Исследование процесса получения дискретных волокон жаростойких сталей методом ЭВКР для изготовления истираемых уплотнительных материалов

Ярошенко А.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Серов М.М.
МАИ, каф. ТиСАП МП
aleksandr_yaroshenko@list.ru

Одной из проблем газотурбинного двигателестроения является проблема создания надежных уплотнительных материалов. Эффективность работы газотурбинных двигателей и установок, а также паровых турбин определяется герметичностью уплотнения между вращающимися лопатками и внутренней поверхностью корпуса в вентиляторе, компрессоре и турбине. На практике чаще всего применяют, так называемые, истираемые уплотнения, герметичность которых обеспечивается за счет прорезания выступами на торцах лопаток канавок в истираемом уплотнительном материале.

Уплотнения турбин выполняют, используя плетеные металлические волокна, соты или спеченные металлические частицы. Наиболее широкое применение в уплотнениях турбины современных ГТД имеют металлические сотовые конструкции, работающие при температурах до 1100–1200°С. Они позволяют существенно уменьшить величину радиального зазора, но при этом ячейки сот часто прогорают и сминаются в тяжелых условиях работы турбины. Однако опыт применения различных видов истираемых уплотнительных материалов показал, что наиболее эффективными по истираемости являются пористые металлические материалы с пористостью >70%, изготовленные из тонких волокон путем их прессования и спекания.

Основным фактором, ограничивающим применение таких материалов в качестве истираемых уплотнений в проточном тракте ГТД, является высокая рабочая температура газового потока. Диаметр волокон для получения эффективных истираемых уплотнительных материалов должен составлять не более 100 мкм, предпочтительно 15–30 мкм, поэтому максимальная температура их применения обычно составляет 800–900°С.

Решить данную проблему позволяет метод экстракции висящей капли расплава вращающимся теплоприемником (ЭВКР). Метод ЭВКР привлекателен для получения волокон по следующим причинам:

– позволяет изготовлять как длинномерное волокно, так и дискретные частицы игольчатой формы;

– достижение сверхвысоких скоростей охлаждения (до 10^6 К/с), что приводит к образованию микрокристаллической или аморфной структуры;

– возможность применения метода при получении тугоплавких и химически активных металлов, жаростойких, коррозионностойких и труднодеформируемых сталей и сплавов благодаря бестигельной плавке;

– высокая производительность.

Уплотнительные материалы отличаются противоречивостью предъявляемых к ним требований: вследствие экстремально высокой рабочей температуры и скорости газового потока, эти материалы должны сочетать истираемые свойства с высокой жаростойкостью и эрозионной стойкостью. Поэтому исследование процесса получения волокон для истираемых материалов является важной задачей, решение которой позволит повысить надежность истираемых уплотнений и спрогнозировать дальнейшее развитие метода ЭВКР применительно к получению волокон жаростойких сталей для истираемых уплотнений.

Направление «Энергетические установки авиационных и ракетно-космических систем»

Секция «Авиационные двигатели»

Оценка скорости газового потока в отсоединенных скачках уплотнения методом цифровой обработки теневых снимков

Абашев В.М., Бодрышев В.В., Тарасенко О.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Бодрышев В.В.
МАИ, каф. 904
os-tarasenko@yandex.ru

При сверхзвуковом течении газового потока, обтекающего «тупые» элементы конструкции, возникает отсоединенный скачок уплотнения. В большинстве случаев его можно описать кривой второго порядка. По мере удаления от обтекаемого тела отсоединенный скачок можно рассматривать, как косой скачек уплотнения с дальнейшим переходом в волну Маха. Волна Маха характеризуется прямолинейным участком, наклоненным под углом α. Угол α наклона этого участка характеризует скорость газового потока перед скачком уплотнения.

Прямолинейный участок волны Маха предлагается определять в соответствии с методом наименьших квадратов (МНК) по дискретным точкам тремя способами:

1. По координатам крайних ячеек границы линейного участка ударной волны Маха;
2. По координатам ячеек, определяющих границы линейного участка ударной волны с применением цепного кода Фримена. Здесь ячейки задаются в виде последовательности ячеек, согласно восьми-связанной решетки;
3. По корреляционному полю, где имеются ячейки, определяющие ударную волну.

Для определения координат ударной волны применяется цифровой метод расшифровки теневых снимков. Строится матрица значений интенсивности изображения в ячейках, на которые разбита фотография. Изображение представляется в виде двухмерной функции *L(xy)* с построением соответствующей диаграммы ее распределения. Координаты ячеек - x и y, на которые разбита фотография, *L* - интенсивность изображения (яркость) в заданных ячейках.

Ударная волна характеризуется скачкообразным изменением интенсивности изображения. Максимальное (минимальное) значение L_{max} определяет зону с максимальным давлением в скачке и минимальной скоростью. В зависимости от выбранного метода, на фотографии зона скачка уплотнения характеризуется переходом темной полосы в светлую (L_{max}), или наоборот (L_{min}). В зону скачка уплотнения входят ячейки, исходя из выполнения условия $L_i \geq L_{np}$ (или $L_i \leq L_{np}$).

Исследованные изображения рассматриваются тремя методами, их результаты расчета сравниваются. Предпочтение метода дается исходя из тесноты парной корреляции (коэффициентов регресии) τ_{xy}.

Исследование технологичности трубопроводных систем ГТД с целью повышения эффективности подготовительных и сборочно-монтажных работ

Азиев А.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Семенов А.Н.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. ТАДиОМ
76.yaro@gmail.com

В настоящее время современные ГТД представляют собой сложнейшие технические системы, которые находят широкое применение не только в авиации, но и в составе промышленных энергетических установок, кораблей, танков, локомотивов,

автомобилей. Эта широта областей использования, в свою очередь, предъявляет дополнительные требования ко всем составным частям конструкции двигателя, предполагает повышение его конструктивной универсальности, например, иметь возможность работы как на жидком, так и на газообразном топливе. Данное требование приводит к усложнению конструкций систем функционирования, и, соответственно, повышению технологических требований к ним. Поэтому, важной технологической задачей является обеспечение качества ГТД во всем разнообразии областей применения, при минимальном уровне производственных затрат.

Важнейшую роль в обеспечении качества двигателя играет конструктивное исполнение систем функционирования, поэтому к ним предъявляются высокие требования по технологичности конструкций. Все эти системы – топливная, масляная, дренажная, суфлирования, гидравлическая и т.д., являются трубопроводными, состоящими из большого количества элементов. Технологичность конструкций трубопроводных систем оказывает значительное влияние на сборочно-монтажные, ремонтно-восстановительные работы: сокращение трудоемкости проведения сборочных работ, уменьшение затрат на промывку и очистку, повышение качества сборочного процесса, проведение ремонтных работ с выполнением демонтажа узлов двигателя в минимальном объеме – все это оказывает непосредственное влияние на качество изделия. Поэтому, исследование технологичности трубопроводных коммуникаций, входящих в состав двигателя, которое проводится в рамках магистерской диссертации, направлено на разработку мероприятий по повышению эффективности сборочно-монтажных работ является актуальным и важным с научной и практической точки зрения.

Для выполнения этих задач была проведена комплексная оценка конструктивных и технологических особенностей трубопроводных коммуникаций двигателей производства «ПАО «НПО САТУРН»:

– изучены принципы работы систем смазки и суфлирования, топливопитания, управления и контроля;

– рассмотрены функции данных систем и требования, предъявляемые к ним;

– проанализированы функциональное назначение и основные технические требования, предъявляемые трубопроводным коммуникациям;

– выполнен анализ конструкции трубопроводных коммуникаций и элементов крепления трубопроводов на двигателе, методы стопорения трубопроводных соединений.

Также был проведен анализ существующих технологий монтажа трубопроводных коммуникаций, целью которого являлась оптимизация технологии, разработка и внедрение прогрессивных методов монтажа.

Проведенные исследования позволили разработать рекомендации по повышению эффективности сборочных работ на основе предлагаемого совершенствования конструкции трубопроводных систем: использования быстроразъемных соединений, уменьшения номенклатуры типовых элементов конструкции и узлов крепления, применения новых методов стопорения с использованием полимерных клеев.

Разработка семейства ГТД различного назначения на основе базового газогенератора

Алендарь А.Д., Грунин А.Н..
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Викулин А.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
artem.alendar@mail.ru

Наиболее эффективным способом снижения стоимости жизненного цикла газотурбинного двигателя (ГТД) является разработка семейства двигателей из модулей и узлов базового двигателя. Самое известное направление – создание семейства ГТД на основе выполненного газогенератора. Газогенератор (ГГ) является наиболее сложным и напряженным агрегатом ГТД. Его разработка составляет основную часть стоимости создания всего двигателя. Газогенератор объединяет в себе системы и узлы, работающие при высоких температурах и давлениях и на наибольших окружных скоростях. Поэтому

при создании ГГ применяются новейшие технологии, дорогостоящие материалы и передовые технические решения.

В первой части работы излагается методология создания семейства ГТД различного назначения на основе базового ГГ. При этом учитывается опыт создания отечественных и зарубежных семейств. Газогенератор является агрегатом ГТД, непосредственно определяющим параметры двигателя. Одной из характеристик, оценивающих возможности ГГ, является его размерность, которая характеризуется значением приведенного расхода воздуха на выходе из компрессора высокого давления (КВД) $G_{првых}$. Под $G_{првых}$ понимается массовый секундный расход воздуха на выходе из КВД, приведенный к нормальным атмосферным условиям. Среди существующих двигателей различают следующие диапазоны значений размерности газогенератора: малоразмерные с $G_{првых} < 2$ кг/с, средней размерности с $G_{првых} = 3\text{-}7$ кг/с, и большой размерности с $G_{првых} > 7$ кг/с. Помимо размерности, ГГ характеризуется геометрическими (форма проточной части, приведенная окружная скорость компрессора), термодинамическими (температура газа перед турбиной) и аэродинамическими (параметр нагруженности турбины, коэффициент теоретического напора компрессора) параметрами.

Из отечественных программ по созданию двигателей на основе базового ГГ можно выделить семейство двигателей ПД-14, которое в перспективе будет состоять из нескольких двигателей, предназначенных для самолетов МС-21, Бе-200, перспективных авиационных комплексов военно-транспортной авиации, вертолетов типа Ми-26 и др., а также ГГ двигателя ТВ7-117С, являющийся базовым для ЛА различного назначения. Применительно к некоторым ЛА степень его унификации достигает 85-95%. У иностранных разработчиков можно выделить следующие программы: VAATE – для создания на базе универсального ГГ интеллектуального ГТД; IHPTET, включающая в себя несколько специальных программ: ATEGG и JTDE – разработка полноразмерных ТРД(Ф) и ТРДД(Ф), JTAGG – ТВаД и ТВД, JETEC –малоразмерных ТРД и ТРДД.

Во второй части работы спроектирован газогенератор, прототипом которого стал ТРДД АИ-222-25. На основе этого ГГ проведены термогазодинамические расчеты и проектирование проточной части четырех двигателей: ТРДД без смешения потоков, ТРДД со смешением потоков, двухвальный ТВаД со свободной турбиной, а также двухвальный ТВД. В результате расчетов для каждого двигателя определены параметры рабочего тела в характерных сечениях, получены основные удельные параметры, высотно-скоростные и режимные характеристики, а также построена геометрия проточной части.

В третьей части работы приводится сравнение параметров полученных двигателей с существующими ГТД отечественных и иностранных производителей. Из анализа параметров следует, что после проведения мероприятий по конструктивному и технологическому совершенствованию, направленных на улучшение энергетических, экономических и экологических параметров двигателей, на основе данного газогенератора могут быть получены ГТД, удовлетворяющие требованиям двигателей 5-го поколения.

Сравнение перспективных ТРДД сложных термодинамических циклов с ТРДД обычного цикла

Алендарь А.Д., Грунин А.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Викулин А.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
grunin.anton@mail.ru

В настоящее время совершенствование и оптимизация циклов двухконтурных турбореактивных двигателей (ТРДД) является одной из главных задач, решаемых авиационным двигателестроением. Для повышения КПД цикла необходимо иметь максимально возможную температуру газа перед турбиной ($T_г^*$). Но в современных авиационных газотурбинных двигателях (ГТД) значение $T_г^*$ ограничивается технологическими возможностями, такими как: свойства материалов, эффективность систем охлаждения, экологические и экономические требования. Поэтому одним из возможных путей повышения КПД является применение сложных термодинамических

циклов в ТРДД. Появление новых материалов и технологий изготовления теплообменных аппаратов (ТА) сделало возможным создание подобного двигателя.

В данной работе проведен сопоставительный анализ перспективных ТРДД сложных циклов с ТРДД обычного цикла.

Высокая степень сжатия приводит к уменьшению размеров проточной части последних ступеней компрессора и первых ступеней турбины, тем самым оказывая негативное влияние на КПД этих узлов, и выигрыш КПД цикла от повышения $\pi^*_{К\Sigma}$ может быть сведён на нет. В ходе анализа было выявлено, что для двигателей с температурой газа перед турбиной $T^*_г = 1900$ К оптимальные значения $\pi^*_{К\Sigma}$ составляют 90-100 для ТРДД обычного цикла, тогда как для ТРДД сложных циклов — 40, т.е. применение сложного цикла приводит к снижению оптимальной величины суммарной степени сжатия $\pi^*_{К\Sigma}$, тем самым обеспечивается оптимальный уровень теплового состояния газогенератора и получение высоких значений КПД. Применение промежуточного охлаждения в тракте сжатия приводит к увеличению тяги на 20…23% и снижению удельного расхода топлива приблизительно на 3%. Весовые показатели сравниваемых двигателей имеют близкие значения. Потери полного давления, вносимые ТА, составляют около 20%.

По результатам анализа были выявлены следующие преимущества ТРДД сложных циклов по сравнению с ТРДД обычного цикла:

– получение заданных характеристик при более низких параметрах рабочего процесса;

– лучшая экология;

Для достижения целей по реализации ТРДД сложных циклов необходимо решить следующие задачи:

– обеспечение высокой надежности ТА;

– интегрирование теплообменника в конструктивное пространство ТРДД;

– обеспечение большого ресурса ТА;

– разработка ТА малой массы и габаритов;

– обеспечение эксплуатационных характеристик ТА.

Сопоставительный анализ показал, что ТРДД с промежуточным охлаждением и регенерацией тепла отработавших газов обеспечивает оптимальные параметры циклов в целом и может использоваться непосредственно как основа для дальнейшего развития.

Модернизация надроторных уплотнений двигателей 4-го поколения для увеличения межремонтного ресурса и срока эксплуатации

Андросович И.В.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Силуянова М.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
79264997796@yandex.ru

Острая конкурентная борьба на международном рынке авиадвигателей поставила перед разработчиками газотурбинных двигателей новые, более сложные задачи по дальнейшему совершенствованию газотурбинной техники. В тоже время огромный парк авиадвигателей, находящихся в эксплуатации, требует не только периодического ремонта, но и модернизации, совмещенной с ремонтом. С целью обеспечения надежной и длительной работы прирабатываемых пар лабиринтных уплотнений на двигателях 5 и последующих поколений предлагаются новыет конструктивно-технологические решения. Так был разработан новый способ крепления деталей лабиринтной пары надроторного уплотнения, как для вновь изготавливаемых, так и для ремонтируемых рабочих лопаток и надроторных вставок ТВД. Для турбинных лопаток 4 поколений, а также близких к ним по конструкции при ремонте торцов лопаток можно выполнить модернизацию рабочих лопаток и надроторных вставок статора под прирабатываемую лабиринтную пару. На место срезанных реборд с торцов пера лопаток и рифлений с надроторных вставок статора, припаивают высокотемпературной печной пайкой износо- и абразивостойкую накладку на торец пера лопатки, а на надроторных вставках - прирабатываемые накладки.

Как показывает опыт эксплуатации двигателей, изменение зазора в уплотнениях обычно происходит в одном преимущественном направлении. Таким образом, при касаниях износ подвижных деталей приведет к увеличению зазора по всей окружности, в то время как неподвижная деталь изнашивается на небольшом участке. Поэтому отношение износа неподвижной детали к износу подвижной принято за критерий эффективности уплотнений. Явление изменения зазора в одном направлении и используется при минимизации зазора в уплотнениях проточной части ГТД. Необходим выбор такой пары материалов, чтобы при взаимодействии деталей уплотнения изнашивалась в основном неподвижная деталь. С этой целью часто используются специальные (истираемые) материалы, которые наносятся на поверхность статора. Применение металлических волокон в качестве исходного сырья для получения таких материалов обеспечивает сохранение ими необходимой прочности и эрозионной стойкости при пористости до 80–85% благодаря образованию при спекании большого числа прочных контактов между отдельными волокнами.

Это связано с тем, что в требованиях к уплотнительным материалам – наряду с обеспечением отсутствия износа лопаток при врезании – есть требование по устойчивости к газоабразивному износу. В связи с этим всякая попытка сделать уплотнительный материал более «мягким» приводит к тому, что он не подходит по газоабразивной стойкости.

Предлагаемый способ крепления материалов контактной пары надроторного уплотнения с использованием припайных пакетов деталей позволяет на завершающей стадии изготовления лопатки выполнить в торце её пера любое количество пылесбросных отверстий материалов контактной пары надроторного уплотнения.

Анализ структуры гидродинамически нестационарного турбулентного течения в каналах энергоустановок летательных аппаратов

Артемчук Н.В.
Научный руководитель – д.т.н. Краев В.М.
МАИ, каф. 204
tusya39@gmail.com

В настоящее время для разработки новых узлов и систем энергоустановок летательных аппаратов требуются более точные модели расчета гидродинамики и теплообмена, и учета некоторых факторов, которым ранее не уделялось столь важное значение. Появляются существенно нестационарные условия эксплуатации этих устройств так как возрастает их энергонапряженность и требования к режимам работы систем.

Одним из важных признаков турбулентности и характеристик ее интенсивности являются пульсации скорости. Экспериментальными исследованиями подтверждено, что нестационарные условия существенно влияют на картину пульсационных составляющих скорости, а именно на осевые и радиальные пульсации скорости. К нестационарным условиям работы относятся как режимы плавного увеличения расхода, так и режимы пульсирующих процессов. Так как в авиационно-космической области вопросы безопасности и надежности занимают особое место, то и расчет таких режимов работы систем необходимо вести по адекватным моделям. Поэтому разработка таких моделей должна быть основана на фундаментальных исследованиях влияния нестационарных воздействий на турбулентную структуру течений.

В данной работе был проведен анализ физических процессов, связанных с влиянием неизотермичности и нестационарности расхода на механизмы порождения и развития турбулентности. На основе экспериментальных данных был проведен анализ частотных спектров пульсационных параметров.

Основу экспериментальной установки составляет термоанемометрический комплекс, позволяющий проводить измерения мгновенных осевой и радиальной скоростей и температуры газового потока с частотой до 1000 Гц по всему сечению исследуемого канала.

Экспериментальная установка и методика проведения экспериментальных исследований позволяют исследовать структуры турбулентных газовых потоков как в стационарных, так и в нестационарных, изотермических и неизотермических условиях. Зафиксированные термоанемометрическим комплексом измерения в режиме реально времени записывались в базу данных для ее последующей расшифровки и анализа.

Обеспечение потребных запасов газодинамической устойчивости многоступенчатых осевых компрессоров на нерегулируемых режимах

Архипов Д.В.
АО «НПЦ газотурбостроения «Салют»
d.v.arkhipov@mail.ru

Представлены результаты численного исследования, по расширению диапазона устойчивой работы осевого компрессора путем воздействия на поток в пристенном пограничном слое. Показано, что перераспределение подводимой работы по высоте лопатки с повышенными значениями в области концевых сечений приводит к выравниванию поля полного давления и скорости на выходе из ступени, что обеспечивает более благоприятные условия натекание потока на лопатки последующей ступени и увеличивает запас устойчивости и КПД сектора ступеней. Профилирование исходных лопаточных венцов сектора ступеней выполнено по закону сохранения постоянной циркуляции скорости вдоль радиуса с дальнейшим изменением параметров решеток в концевых областях для увеличения подводимой работы. Расчетные исследования проводились с использованием методов вычислительной гидрогазодинамики в программном комплексе ANSYS CFX с адаптацией по моделям турбулентности к рассматриваемым осевым компрессорам газотурбинных двигателей. Получено, что сектор ступеней с увеличенными на 10% и 15% густотами решеток в крайних сечениях имеет лучшую газодинамическую устойчивость. Достигнутый положительный эффект обусловлен снижением диффузорности течения и увеличением подведенной работы в концевых областях, приведшей к выравниванию полей скоростей и полных давлений и уменьшению рассогласования в работе ступеней.

Анализ технологических методов глубокого сверления вала КНД

Бабенко Д.Н.
Научный руководитель – доцент к.т.н. Игнатов М.П.
МАИ, каф. ТППДЛА
Igrok-3@mail.ru

Методы глубокого сверления применяются, когда требуется обработать отверстие в детали, которое имеет значительное соотношение длины к диаметру. Использование специальных инструментов для глубокого сверления эффективно при соотношении, когда длина в пять и более раз превышает значение диаметра.

В данном случае рассматривается возможность применения метода глубокого сверления для обработки сквозного отверстия вала КНД. В исходном технологическом процессе применяется поэтапная обработка отверстия спиральными сверлами, затем расточка внутренней поверхности в несколько операций.

В работе рассмотрен метод обработки, который не используется на предприятии, но может предложен в качестве наиболее предпочтительного. Была проведена экспертная оценка, в ходе которой эксперты составляли свое мнение о каждом методе. В качестве критериев выбирались соответствующие методам обработки различные параметры, как например: увод сверла, производительность, износостойкость, качество обработки, затраты на инструмент и др.

Результаты экспертной оценки, которая была проведена для сравнения вышеперечисленных методов глубокого сверления отверстий, показала, что наиболее предпочтительным выглядит перспектива использования эжекторного метода.

Этот метод включает в себя применение специального инструмента - эжекторного сверла, специфика которого заключается в том, что стружка выводится через внутренний

канал сверла, также, в отличие от других методов обработки глубоких отверстий обработку можно производить и на универсальном оборудовании, конечно же, при условии наличия специальной оснастки.

Итак, рассмотрев три метода глубокого сверления отверстий, и по итогам экспертной оценки можно сделать вывод, что целесообразно использовать эжекторный метод, характеристики которого позволят уменьшить трудоемкость техпроцесса и повысить качество обработки.

Исследование возможностей применения двигателей нетрадиционных схем на беспилотных летательных аппаратах

Батов И.А.
Научный руководитель – к.т.н. Зиненков Ю.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА»
yura2105@mail.ru

Авиационная силовая установка на базе газотурбинного двигателя имеет историю более 70 лет. За этот период инженерам удалось достичь значений параметров рабочего процесса близких к своим пределам. И если в пятом поколении, достичь повышения эффективности летательных аппаратов за счет улучшения характеристик силовой установки, удается с использованием традиционных элементов и технологий, то в шестом поколении, авиационная силовая установка будет иметь в своем составе уже принципиально новые модули такие, как топливные элементы, электрические двигатели и агрегаты, каталитическую камеру сгорания и т.п. Поэтому в последнее время многие научно-исследовательские организации для перспективных летательных аппаратов, в том числе и беспилотных, рассматривают силовые установки и двигатели нетрадиционных схем.

Авторами работы был проведен глубокий анализ возможностей применения силовых установок и двигателей нетрадиционных схем для беспилотных летательных аппаратов различного целевого назначения. При этом проводилось на основе прогнозирования сравнение эффективности их применения с силовыми установками традиционных схем.

Если рассматривать концепцию «Электрическая силовая установка», то в настоящее время до конца ее реализовать на беспилотных летательных аппаратах большой взлетной массы, пока не удается ввиду большой удельной массы источников энергии (генераторы, аккумуляторы, топливные элементы). Но здесь существует обнадеживающая тенденция развития технологий, которая по прогнозам к 2030 году позволит улучшить этот параметр в десять раз, и тогда распределённые, гибридные и электрические силовые установки можно будет применять для беспилотных летательных аппаратов с большей эффективностью, по сравнению с существующими. Это особенно актуально будет, для малоразмерных беспилотников взлетной массы от 100 до 1000 кг. Данный диапазон наиболее сложен для выбора двигателя, так как использовать силовую установку на базе турбореактивного двигателя для него слишком дорого а поршневые двигатели не обеспечивают приемлемую удельную массу. Поэтому в этом классе можно применить гибридную силовую установку с перспективным авиационным роторно-поршневым двигателем приводящим во вращение электрогенератор высокой производительности, являющимся, в итоге, источником электрической энергии на борту.

Для беспилотных летательных аппаратов с взлетной массой менее 100 кг наиболее целесообразно использовать электрическую силовую установку на базе высокоэффективных топливных элементов. В настоящее время уже существуют модели беспилотников (Иркут-10, Рекорд) с такого рода силовыми установками, но они пока обладают рядом недостатков, которые в процессе доработок будут постепенно устраняться.

Силовые установки для тяжелых беспилотных летательных аппаратов, требующие двигатели большой мощности в компактных размерах, в перспективе могут быть основаны на пульсирующем детонационном двигателе, схему которого предложил

профессор кафедры теории авиационных двигателей «Военно-воздушной академии имени профессора Н.Е. Жуковского» доктор технических наук, профессор Ю.Н. Нечаев. В настоящее время его учениками и последователями ведутся активные работы в данном направлении.

В дальнейшем планируется выполнить комплексную оценку эффективности двигателей нетрадиционных схем в составе силовых установок по критериям перспективных беспилотных летательных аппаратов.

Повышение эффективности авиационных силовых установок в современных условиях

Батраков О.В.
Научный руководитель – к.т.н. Зиненков Ю.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА»
yura2105@mail.ru

Задача повышения эффективности авиационных силовых установок является особо важной для современного авиационного двигателестроения. Это обусловлено тем, что, в настоящее время, отрасль все чаще сталкивается с проблемой улучшения характеристик элементов двигателя и силовой установки вызванной выходом современных авиационных двигателей на практически пиковые значения основных параметров рабочего процесса. В связи с этим, дальнейшее повышение эффективности авиационных силовых установок становиться возможным, только за счет усложнения их конструкции, а это не всегда может быть оправдано либо экономически, либо надежностью, либо эксплуатационными характеристиками. Поэтому к решению данных задач необходимо подходить комплексно, чтобы целесообразность внедрения предлагаемых решений была понятна на уровне выполняемых летательным аппаратом задач.

Для повышения эффективности авиационных силовых на расчетно-теоретическом уровне инженеры используют математические модели авиационного двигателя, силовой установки, летательного аппарата и модели расчета критериев эффективности, желательно самолетного уровня, эффективно работающими в совокупности с современными методами оптимизации. В качестве обозначенных математических моделей целесообразно использовать комплексные программные решения, обеспечивающие многодисциплинарный подход к оценке эффективности авиационной силовой установки.

Для этих целей авторами статьи создан программный продукт, сочетающий в себе возможности проведения комплексных расчетно-теоретических исследований направленных на формирование технического облика силовых установок на базе турбореактивных двигателей известных схем. При этом разработана методика повышения эффективности авиационных силовых установок по критериям самолетного уровня за счет оптимизации параметров рабочего процесса двигателя. В данной методике ключевым является возможность оценки любого изменения в двигателе или силовой установке на эффективность выполнения полетного задания.

В качестве метода оптимизации в работе выбран метод непрямой статистической оптимизации на основе самоорганизации. Он является методом нулевого порядка, эффективно решающим задачи с не дифференцируемыми целевыми функциями сложной топологии, имеющими разрывы. Поэтому он успешно доказал свою эффективность при решении подобных задач в авиационной отрасли.

Используя данный набор программных инструментов и указанную методику, авторами была решена задача по повышению эффективности авиационной силовой установки высотного беспилотного летательного аппарата за счет оптимизации параметров рабочего процесса. При этом достигнуто повышение критериев эффективности, в качестве которых были приняты дальность и продолжительность полета на 10%.

В результате работы создан обширный банк характеристик по шести рассмотренным в работе схемам двигателей, имеющий весомый практический интерес для

организаций, занимающихся формированием обликов перспективных беспилотных летательных аппаратов и их силовых установок.

В дальнейшем планируется применить данный опыт проведения исследований для другого класса летательных аппаратов, а так же доработать созданный программный комплекс математическими моделями новых элементов авиационных силовых установок нетрадиционных схем.

Повышение газодинамической устойчивости осевого компрессора ГТД

Бикбулатов В.Ф., Стешенко И.М., Туйзюков А.О.
Научный руководитель – адъюнкт, подполковник Клепиков Д.С.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. АД
alexmaq6@gmail.com

Обеспечение устойчивой работы силовой установки летательного аппарата при применении авиационных средств поражения представляет не всегда выполнимую задачу, которая может быть надежно решена применением средств ликвидации помпажа.

Анализ работы систем предупреждения и ликвидации неустойчивых режимов работы серийных газотурбинных двигателей показал, что системы имеют один режим работы:

- Дежурный режим: раннее обнаружение срывного режима, возникающего в осевом компрессоре, ликвидацию неустойчивой работы двигателя, автоматическое восстановление исходного устойчивого режима.

Для улучшения работы системы предупреждения и ликвидации неустойчивых режимов работы силовой установки при применении был предложен способ повышения запаса газодинамической устойчивости путем направленного вдува рабочего тела в радиальный зазор осевого компрессора. В корпусе над лопатками рабочих колес с внутренней стороны по всему диаметру равномерно распределены каналы вдува, обеспечивающие вдув рабочего тела из кольцевой полости в проточную часть осевого компрессора под углом γ.

Для проведения расчетного исследования с применением программного комплекса ANSYS была выполнена модель экспериментального рабочего колеса с лопатками малого удлинения с различными схемами расположения каналов вдува.

Исследование показало, что наиболее оптимальное расположение каналов вдува, является, равномерное их распределение вдоль профиля рабочей лопатки перпендикулярно к касательной к средней линии профиля, с углом наклонав вертикальной плоскости относительно внутренней поверхности корпуса над рабочим колесом равным 3°. Максимальное полученное значение КПД ступени из всех рассмотренных схем расположения каналов составляет 85,5%.

Так же проведено экспериментальное исследование на экспериментальной установке “Помпаж ОК”. В результате экспериментального исследования получена характеристика ступени компрессора. Запас газодинамической устойчивости в результате управляющего воздействия увеличился на 1,5%.

Анализ работы существующих систем предупреждения и ликвидации неустойчивых режимов работы серийных двигателей показал, что они имеют недостатки. Результаты экспериментальных и расчетных исследований показали, что запас газодинамической устойчивости компрессора двигателя увеличивается на 3,4% при применении предложенного способа. Необходимы интеграция предложенного способа в работу системы предупреждения и ликвидации неустойчивых режимов работы серийных газотурбинных двигателей путем вариативного применения известных управляющих воздействий (увеличение площади критического сечения реактивного сопла, прикрытие направляющих аппаратов, отсечка топлива) с предложенным способом и анализ работы управляющих воздействий на характеристики. На основе полученных результатов будут разработаны рекомендации по применению управления вторичными течениями в радиальном зазоре компрессора для обеспечения устойчивой работы двигателей боевых летательных аппаратов при применении бортового оружия.

Постановка задачи оптимизации параметров и схем распределённых силовых установок

Бобрик А.А., Ткаченко А.Ю., Филинов Е.П.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Кузьмичёв В.С.
Самарский университет, каф. ТДЛА
bobrik000al@mail.ru

В последние годы наблюдается интерес к разработке авиационных газотурбинных двигателей инновационных схем и конфигураций, так как увеличение эффективности работы двигателей традиционных схем (для гражданской авиации, как правило, ТРДД с большой степенью двухконтурности) достигло своего предела. Так, дальнейшее улучшение параметров термодинамического цикла по прогнозам позволит увеличить эффективность работы силовой установки (СУ) не более чем на 2-3%.

Одной из перспективных инновационных схем является схема распределённой силовой установки (РСУ), которая представляет собой СУ с распределенным вектором тяги. Задача данного исследования заключается в разработке математической модели, которая позволяет решать задачи концептуального проектирования РСУ с целью повышения эффективности работы СУ за счёт применения альтернативных конфигураций и схем, а также, рационального сочетания параметров цикла.

Основным преимуществом РСУ в сравнении с традиционными конструктивными схемами является возможность глубокой интеграции силовой установки с планером, что позволит значительно повысить аэродинамическую эффективность летательного аппарата. В настоящий момент ведутся исследования различных конфигураций РСУ. В данной работе было рассмотрено две из них: привод нескольких вентиляторов от одного газогенератора; РСУ, состоящая из большого количества малоразмерных двигателей, расположенных в крыльях летательного аппарата («гибридное крыло»). В обоих случаях рост эффективности самолётной системы должен достигаться за счёт значительного снижения удельной массы СУ в сравнении с традиционными конфигурациями. Общий привод нескольких вентиляторов позволяет увеличить степень двухконтурности двигателя без увеличения его диаметральных габаритов. А использование множества малоразмерных ГТД, обеспечивающих суммарно ту же тягу, что 2 или 4 двигателя сверхбольших тяг, также представляется перспективным из-за выигрыша по удельной массе.

В CAE – системе «АСТРА» была создана математическая модель РСУ, которая обладает возможностью решения задач оптимизации удельной массы и расхода топлива на километр при различных значениях суммарной степени повышения давления в компрессоре, температуры газа перед турбиной, степени двухконтурности, степени повышения давления в вентиляторах и числа двигателей в СУ.

По результатам расчётов были построены графики, на основе которых проводился сравнительный анализ эффективности СУ нескольких схем для различных значений тяг. Дальнейшим этапом разработки методов концептуального проектирования РСУ является выбор оптимизируемых параметров и определение ограничений.

Перспективы развития масляных систем авиационных ГТД

Вердиян Э.Г.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Силуянова М.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
verdiyan@bk.ru

Масляная система (система смазки и суфлирования) двигателя представляет собой совокупность устройств и агрегатов, измерительных, контрольных и сигнализирующих приборов и коммуникаций, которые обеспечивают:

– подвод необходимого количества масла для смазки и охлаждения деталей и узлов трения (подшипников опор роторов, подшипников и зубьев шестерен приводов агрегатов, шлицевых и других соединений);

– охлаждение стенок полостей опор роторов и труб суфлирования;

– защиту трущихся деталей от коррозии, надиров и наклепа;

– демпфирование роторов;

– откачку масла от подшипниковых узлов и других трущихся пар для восстановления его эксплуатационных качеств (отделения его от воздуха, очистки, охлаждения) и постоянное возвращение в масляную систему;

– контроль состояния трущихся пар, омываемых маслом, (по температуре откачиваемого масла, наличию продуктов износа);

– суфлирование (сообщение с атмосферой) масляных полостей опор роторов, разделительного корпуса (РК), коробки приводов (КП) и масляного бака.

Существует несколько направлений усовершенствования маслосистем авиационных ГТД, основными этими направлениями можно считать:

1. Улучшение охлаждающих и смазочных свойств используемых масел.

Использование высокотемпературных смазывающих материалов, таких как полифинилэтан, перфлуороалкиэтан и гибридные керамико-стальные подшипники.

Перспективные альтернативные смазки, особенно сухие покрытия и консистентные смазки, могут значительно снизить требования для дорогих жидких смазок и необходимость в тяжелых, сложных рециркуляционных масляных систем двигателей для ракет.

Исследования по усовершенствованию эксплуатационных свойств смазочных материалов (повышение термоокислительной стабильности, смазывающих, пенообразующих и других эксплуатационных свойств).

2. Увеличение тонкости фильтрации масляных фильтров.

Чем фильтрация тоньше, тем большее сопротивление фильтр оказывает потоку жидкости, но, с другой стороны, влияние частиц износа в рабочей жидкости оказывает меньшее влияние на износ омываемых деталей. В авиационной промышленности требования к фильтрации очень жёсктие, поэтому используют фильтры с номинальной тонкостью фильтрации от 5 мкм и менее.

3. Применение новых конструкционных материалов.

Использование новых материалов поможет продлить ресурс работы, как отдельных элементов, так и всей маслосистемы.

Разработка стенда для градуировки приемников полного давления

Версин А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Монахова В.П.
МАИ, каф. 207
vaa96@mail.ru

Экспериментальная отработка новых конструкций газотурбинных двигателей связана с определением реальных скоростей газового потока по тракту компрессора. Для определения этих скоростей используются приемники полного давления, которые получили название «гребенки». Для каждой конструкции двигателя разрабатываются и изготавливаются уникальные (специальные) экземпляры таких приемников, поэтому перед применением гребенок необходимо проводить их градуировку в газовом потоке с известными параметрами по скорости.

В докладе предлагаются результаты разработки стенда для градуировки приемников давления (ГПД) создаваемого в Московском авиационном институте на каф. 207. Стенд ГПД предназначен для определения действительных аэродинамических характеристик приемников полного и статического давления и направления воздушного потока.

Были проведены расчеты основных элементов стенда таких как:

– Ресивера аэродинамической трубы, который предназначен для успокоения и выравнивания газового потока по направлению и скорости. Скорость газа в ресивере не должна превышать несколько метров в секунду;

– Дозвукового сопла изготовленного тщательно по заданному профилю с высокой частотой внутренней поверхности. Расчёт профиля сопла сделан по формуле Витошинского;

– Рабочей камеры, которая выполнена в виде камеры Эйфеля для обеспечения техники безопасности, снижения уровня шума и постоянства взаимного расположения таких элементов как сопла, диффузора и исследуемой гребенки;

– Дифузора, обеспечивающего повышение давления газового потока и снижения его скорости.

Предложено приборное обеспечение для автоматизации управления режимами работы стенда и автоматизации измерений и сбора и обработки полученной информации.

Так как разработанный стенд предназначен для градуировки гребенок, то к его аттестации предъявляются следующие требования, представленные в работе:

– Разработка программы и методики проведения испытаний в соответствии с ГОСТ 19.301-2000 «Требования к содержанию, оформлению и контролю качества»;

– Разработки программы и методики аттестации стенда в соответствии с Государственным военным стандартам «Аттестация испытательного оборудования, применяемого при оценке соответствия оборонной продукции 2014 г.»

Силовая установка Boeing 787 Dreamliner. Совершенство в деталях

Волынчук А.И.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Самойленко В.М.
МГТУ ГА, каф. АиРЛА
aleksej_vol@mail.ru

В настоящее время одним из флагманов мировой гражданской авиации является американский широкофюзеляжный дальнемагистральный авиалайнер Boeing 787, призванный заменить устаревшую модель 767. Повышение цен на нефть в начале 2000-х годов спровоцировало рост интереса авиакомпаний к новым топливоэффективным самолетам. В результате в 2003 году Boeing представил проект двухдвигательного лайнера 7E7, позже получившего обозначение «787», который кроме революционной композитной конструкции получил инновационные высокоэкономичные двигатели.

Воздушное судно (ВС) оснащается двумя моделями двигателей: Rolls-Royce Trent 1000 или General Electric GEnx (General Electric Next-generation) – двухвальными турбовентиляторными двигателями с высокой степенью двухконтурности. Главной особенностью этих силовых установок стало широкое применение композитных материалов, например, для изготовления вентиляторного узла, в частности, лопаток (стальная входная кромка и углеводородная выходная), а также кожуха, что позволило снизить вес и сократить негативные последствия теплового расширения.

В конструкции двигателей дальнейшее развитие получила философия «электрического самолета» (fly by wire), то есть замены гидравлических и пневматических систем на электрические аналоги, что позволяет существенно уменьшить вес, повысить эффективность и снизить эксплуатационные расходы. В частности, была устранена система отбора сжатого воздуха от компрессора, которая прежде применялась для запуска, кондиционирования воздуха и системы антиобледенения.

Следующим революционным шагом стало применение звукопонижающих технологий, включающих в себя использование звукопоглощающих материалов на воздухозаборнике, а также разработку совместно с NASA гондол с зубчатой формой среза (шевроны), которые за счет неодновременного срыва внешнего потока с кромки обеспечивают более тихое смешивание реактивной струи и внешнего воздуха. Тем самым достигается снижение производимого ВС шума как в салоне, так и в окружающем пространстве. Например, за границами летного поля аэропорта уровень шума не превышает 85 децибел.

Массогабаритные характеристики и производимая тяга обоих двигателей практически идентичны. Это в совокупности с единым программным обеспечением и полностью аналогичным интерфейсом позволило обеспечить взаимозаменяемость двух

типов двигателей. В отличие от других типов самолетов, у которых замена двигателя одного производителя на аналог является длительной и ресурсозатратной процедурой, у Boeing 787 она занимает не более 24 часов.

Новые технологии позволили повысить топливную эффективность двигателей на 15% в сравнении с предыдущем поколением силовых установок широкофюзеляжных лайнеров. Это в сочетании с улучшенной аэродинамикой и сравнительно меньшей массой позволило увеличить дальность полета в среднем на 40% по сравнению с Boeing 767 (с 10 тыс. до 14 тыс. км).

Двигатели этого типа обладают большим потенциалом для дальнейшей модернизации. В частности, за время эксплуатации этого ВС Rolls-Royce разработал двигатель Trent 1000 TEN, топливная эффективность которого еще на 3% выше, чем у предшественника.

Передовые технологии, использованные при создании этих силовых установок, несомненно должны найти применение в отечественном двигателестроении. В частности, они способны улучшить показатели двигателя ПД-14, что в конечном итоге положительно скажется на летно-технических и эксплуатационных характеристиках, а значит и на конкурентоспособности новых самолетов российского производства, таких как МС-21.

3D верификационные расчеты пленочного охлаждения в ANSYS CFX с различными моделями турбулентности

Горелов Ю.Г., Тюльков К.В.
АО «НПЦ газотурбостроения «Салют»
kuzma163@mail.ru

Для того, чтобы достичь высокой производительности при экономичном управлении авиационными ГТД, используются экстремально высокие температуры на входе в турбину при скорректированных перепадах давления. Допустимая температура горячего газа ограничивается температурой материала горячих узлов тракта, в частности сопловых и рабочих лопаток турбины. Для гарантии допустимой долговечности этих элементов требуется интенсивное пленочное охлаждение.

Известно большое количество исследований пленочного охлаждения на плоской пластине. Однако, из-за отличий физики течения на плоской пластине и большой кривизны профилей, неправомерным является прямое использование на лопатках результатов, полученных на пластинах. Зависимость от кривизны, модели турбулентности и сетки, вызывает необходимость подтверждения достоверности расчетов пленки в сравнении с экспериментом - на лопатках турбины. В настоящее время 3D расчеты с использованием коммерческих и не коммерческих программ (Open FOAM) не всегда согласуются с экспериментальными результатами.

В связи с этим в представленной работе приведены сравнительное 3D расчетное и экспериментальное исследование Ames F.E., влияние относительной скорости пленки $VR = U_{охл.}/U_{\infty}$, геометрии и уровня входной температуры на адиабатическую эффективность пленочного охлаждения сопловой лопатки - $\eta_{ад.} = (T_{ад.ст.} - T_r)/(T_{охл} - T_r)$ в зависимости от X/D – расстояния от последнего отверстия перфорации до выходной кромки. Отверстия наклонены под углом 30° к направлению течения, отношение шага к диаметру равно 3. Относительная плотность составила $DR = \rho_{охл.} / \rho_{\infty} = 0{,}94$ при числах $Re_{вых.} \approx 750\,000$ - 800 000, что соответствовало числу Маха $M_{вых.} \approx 0{,}27$. Для домена генерировалась мультиблочная HEXA сетка, с использованием ICEM/CFD (ANSYS), посредством мультиблочности создавались отдельные сетки в различных частях домена потока.

В результате получено, что для VR = 0,31 – 1,5, модели турбулентности S-A при использовании функции стенки default расчетная эффективность пленочного охлаждения удовлетворительно согласуется с экспериментальной (при отличии в 1,3 – 4%). Несколько большие отличия получены в области корытца лопатки при 20<X/D<40 и VR = 1,5, что подтверждается экспериментальными данными L.Mangani. Так, в диапазоне 6,6 <X/D ≤ 21 расчетные результаты при использовании модели S-A ниже

экспериментальных - на 12%, для модели SST – на 8,5%, при 38>X/D>21 расчетные результаты для моделй S-A и SST ниже экспериментальных данных - на 11 - 47%, а в области X/D > 40 - экспериментальные данные близки к расчетным, полученным с помощью моделей SST и S-A (отличие составляет 7%).

Для модели турбулентности SST расчетная $\eta_{ад.}$ ниже экспериментальной эффективности на корытце в зоне за двумя рядами отверстий и выше в выходной области, а также существенно выше на спинке в области за отверстиями.

3D расчетными исследованиями при *VR* = 1,0 и 0,41, для корытца и спинки, соответственно, показано, что при использовании модели S-A с функцией стенки scalable расчетная эффективность пленочного охлаждения $\eta_{ад.}$ существенно отличается от экспериментальной.

Таким образом, по результатам расчетных исследований установлено, что при относительно высокой интенсивности турбулентности *Tu*=0,12 за камерой сгорания, наиболее приемлемой моделью турбулентности для расчета эффективности пленочного охлаждения ($\eta_{ад.}$) является модель S-A с функцией стенки default.

Обоснование нового управляющего фактора газотурбинного двигателя

Гребенюк В.С., Якушев А.С.
Научный руководитель – старший преподаватель, к.т.н. Грасько Т.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА»
grasko83@mail.ru

Эффективность рабочего процесса основной камеры сгорания (ОКС) газотурбинного двигателя (ГТД) оценивается двумя коэффициентами: полноты сгорания топлива и восстановлением полного давления.

Определяющее влияние на эффективность рабочего процесса ОКС оказывает то, насколько правильно организованы процессы испарения, смешения и горения топливовоздушной смеси в первичной зоне.

Поэтому все множество факторов, оказывающих влияние на эффективность рабочего процесса ОКС, условно можно разделить на три группы: режимные, конструктивные и эксплуатационные.

Рассмотрим конструктивные факторы. Геометрические размеры камеры сгорания и, особенно, размеры жаровой трубы являются одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на газодинамическую структуру потока внутри жаровой трубы и в кольцевых каналах, а также на процентное соотношение расходов первичного и вторичного воздуха, что в свою очередь сказывается на процессе горения и смесеобразования в первичной зоне горения.

Для ОКС с высокой степенью подогрева газа на режимах работы ГТД повышенной мощности, согласно, выгодно иметь как можно большую площадь миделевого сечения жаровой трубы.

Увеличение площади поперечного сечения жаровой трубы позволит не только повысить расход первичного воздуха и обеднить топливовоздушную смесь в зоне горения для достижения высокой полноты сгорания топлива и минимизации индексов эмиссии вредных веществ, но и поддерживать на достаточно низком уровне скорость газа в зоне горения, что благоприятно скажется на времени пребывания топливовоздушной смеси в зоне горения и улучшении стабилизации пламени.

На режимах пониженной мощности низкая полнота сгорания топлива обусловлена ухудшением процессов смешения и распыла топлива форсунками.

Для интенсификации процесса смешения на режимах пониженной мощности необходимо в большей степени турбулизировать поток внутри жаровой трубы, как за счет стабилизатора пламени, так и за счет глубины проникновения струй вторичного воздуха.

Следовательно, на режимах пониженной мощности выгодно иметь минимальную площадь поперечного сечения жаровой трубы.

Кроме того, уменьшение поперечного размера жаровой трубы приведет, вследствие уменьшения расхода первичного воздуха, к снижению коэффициента избытка воздуха в

зоне горения, а, как известно, первичные зоны, обогащенные топливом, особенно эффективны на режимах пониженной мощности с точки зрения выброса вредных веществ и устойчивости горения.

Таким образом, существенное влияние на организацию рабочего процесса оказывает площадь входа в первичную зону $F_{ПЗ}$, которая может быть реализована как новый управляющий фактор ГТД, изменение которого за счет элементов регулирования, обеспечит поддержание оптимального состава топливовоздушной смеси в зоне горения и наибольшую эффективность рабочего процесса ОКС.

Оценка технического состояния многоцелевого металлообрабатывающего оборудования аэрокосмической отрасли без разборки

Гусев В.Г.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Тимофеев М.В.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. ТАДиОМ
mv-timofeev@yandex.ru

С быстрорастущими требованиями к производительности станков с ЧПУ и качеству производимой продукции в настоящее время существенно повышается значимость технического обслуживания и ремонта (ТОиР) по фактическому состоянию, применяя инновационные методы и средства диагностики технического состояния систем и узлов станка. Как на отечественных, так и зарубежных предприятиях данная система применяется с успехом. Она основана на оценке технического состояния оборудования без его разбора. Своевременное обнаружение неисправности позволит понять, что ждет станок: дальнейший выпуск продукции или простой, с ожиданием запасных частей для ремонта? По этой причине ТОиР производится целенаправленно, устраняя существующий дефект.

Основная цель диагностики технического состояния (ТС) металлообрабатывающих станков с ЧПУ - предотвращение внезапных отказов и, как следствие, снижение простоев оборудования. Объектами диагностики ТС металлообрабатывающего станка выступают механические узлы и детали: подшипники, шпиндель, валы редукторов, коробки скоростей, муфты, ременные и зубчатые передачи, направляющие, электродвигатели, шариковые винтовые передачи. Каждый диагностический признак должен иметь, при этом, набор допустимых значений. Они характеризуют следующие состояния: нормальное состояние, состояние предупреждения, когда механизм работает ограниченное время до ближайшего возможного ремонта, аварийное состояние.

Так как наряду с функциональной надежностью станочное оборудование должно обеспечивать параметрическую надежность, в объекты диагностики необходимо вносить точностные характеристики его формообразующих узлов: точность вращения шпинделя, прямолинейность перемещения вдоль осей, точность линейного позиционирования осей, взаимная перпендикулярность осей, точность углового позиционирования поворотных осей и т. д.

Применение необходимого метода диагностики или комплекса методов зависит от объекта, диагностику которого требуется выполнить. Для получения необходимой информации о ТС современного металлообрабатывающего станка с ЧПУ большое распространение в современном мире получили следующие методы: виброакустическая диагностика элементов привода главного движения; диагностика по параметрам точности круговой траектории; диагностика привода подач; контроль геометрических параметров и точности позиционирования; диагностика параметров точности перемещения формообразующих узлов. Но для понимания всей картины ТС металлорежущих станков с ЧПУ перечисленные выше методы диагностики нужно также дополнять рядом следующих проверок: измерение шумовых характеристик и температуры узлов, силы зажима инструментальных оправок в шпинделях фрезерных станков и обрабатывающих центров.

В целом, внедрение диагностики ТС без разбора на предприятиях даст возможность повысить качество выпускаемой продукции, производительность выполняемых работ по ТОиР, устранить внезапные отказы станков с ЧПУ и, как следствие, уменьшить процент брака изделий, увеличить межремонтный ресурс, сократить объем необходимых ремонтных работ, заметно сократить стоимость ТОиР.

Комбинированная газотурбинная установка с использованием сверхкритического углекислого газа

Джораев С.Б.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Лиманский А.С.
КНИТУ им. А.Н. Туполева, каф. ТиЭМ
sunnetbiz@mail.ru

В настоящее время весьма актуальным является повышение эффективности эксплуатируемых газотурбинных установок (ГТУ). При среднем кпд эксплуатируемых ГТУ 35% и номинальной мощности 18 МВт потери тепла с уходящими газами составляют около 33 МВт. В настоящее время нашли широкое распространение применение комбинированных газопаротурбинных установок (КГПТУ), в которых вторым рабочим телом является вода-пар, циркулирующие в паротурбинном замкнутом контуре (ПТУ).

В этих установках различные рабочие тела (газ, вода, пар) используются в оптимальных для каждого из них температурных интервалах. Однако эксплуатация ГТУ при транспортировке природного газа в отдаленных районах страны, где температура воздуха может достигать -30℃ … -50℃, вода оказывается непригодной из-за возможного замерзания. В связи с этим уделяется большое внимание применению вместо воды иных органических жидкостей, которые обладают более приемлемыми теплофизическими характеристиками и упрощают эксплуатацию многочисленных газоперекачивающих агрегатов (ГПА) при транспортировке природного газа на компрессорных станциях (КС). Например, парк ГТД типа НК-16-18СТ, входящий в состав ГПА, насчитывает около 600 шт.

Представлены результаты расчетного исследования повышения эффективности приводных ГТУ путем применения дополнительной турбоустановки замкнутого типа, работающей на углекислом газе (CO_2) в режиме сверхкритического (СК) энергетического цикла.

Газ CO_2 является экологически нейтральным, невоспламеняемым, нетоксичным, некоррозионным, общедоступным, обладает благоприятными свойствами с точки зрения теплопереноса и массопереноса, что позволяет получить рабочую среду повышенных давлений цикла (до 120 … 200 Бар) с высокой энергетической плотностью. Противодавление за последней ступенью углекислотной турбины (УТ) в несколько раз выше чем в пароводяной установки, что сказывается на высотах лопаток.

Для СК цикла также характерно применение регенерации, поскольку за турбиной имеет место высокие температуры CO_2, что отражается на приросте кпд установки.

В работе рассматривается в качестве хладагента в конденсационной установке воздух, вместо охлаждающей воды. Так называемая воздушно-конденсационная установка (ВКУ) имеет ряд преимуществ – не замерзает и позволяет в зимнее время при температурах воздуха -30℃ … -40℃ обеспечить пониженные давления на выходе из углекислотной турбины (УТ) и, следовательно, увеличить ее удельную мощность.

Ниже приведены результаты расчетного исследования основных параметров углекислотного КГПТУ на примере ГТУ НК-16-18СТ.

Исходные данные НК-16-18СТ : мощность 18 МВт, расход газа 105,6 кг/с, кпд 31%, температура уходящих газов 660К, данные, заложенные в расчет: давление на выходе из УТ – 64 Бар; температура насыщения жидкого углекислого газа – 288К, кпд УТ – 0,85; кпд регенеративного теплообменного аппарата – 0,7; кпд питательного насоса – 0,8;

Расчеты были произведены для ряда давлений на входе в УТ в диапазоне 100…180Бар. Получены следующие результаты: дополнительная мощность КГПТУ 3,9 – 4,6МВт, прирост кпд 5,1 – 7,9%.

Следует отметить, что расчеты были приведены для «летнего» варианта, в зимних же условиях (-20…-40°С) можно принять температуру насыщения жидкого углекислого газа 283К - соответствует ~46Бар на выходе из УТ, что приведет к увеличению показателей эффективности.

Оптимизация охлаждения торцевых поверхностей соплового аппарата газотурбинного двигателя путем внедрения веерных отверстий перфорации

Добровольский И.С
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Лебедев В.В.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. АД
email@mail.ru

Температура основного потока за камерой сгорания в современных двигателях существенно превышает максимально допустимую температуру материалов конструкции, а сопловые аппараты 1 ступени турбины работают в наиболее сложных условиях. Особенно это касается торцевых поверхностей. В межлопаточных каналах сопловых аппаратов образуются сильные продольные и поперечные градиенты давления и скоростей основного потока, что сильно затрудняет организацию пленочного охлаждения.

В процессе эксплуатации на двигателе были выявлены прогары и трещины на трактовых поверхностях сопловых аппаратов 1 ступени, вызванные неэффективным пленочным охлаждением с использованием цилиндрических отверстий перфорации.

Как показывают исследования, цилиндрические отверстия перфорации плохо работают при больших параметрах выдува (M > 1-1,5). Данный факт усложняет задачу охлаждения торцевых поверхностей, особенно вблизи переднего свеса, так как в этой области скорость основного потока относительно мала, а струя, выдуваемая через отверстие перфорации, отрывается от поверхности, что сильно снижает эффективность охлаждения. Чтобы этого избежать, в современных ГТД вместо цилиндрических все чаще используют отверстия перфорации сложной формы. Такие отверстия имеют диффузорный участок на выходе, что позволяет снизить скорость выдуваемой струи и избежать ее отрыва. На основании вышеперечисленного, автором предложена схема охлаждения с использованием веерных отверстий перфорации. Такой тип отверстий сложной формы имеет расширение в поперечном направлении и является одним из самых простых в изготовлении.

Проверка эффективности оптимизированной схемы пленочного охлаждения торцевых поверхностей была выполнена на модели сопряженного теплообмена соплового аппарата в программном комплексе ANSYS CFX с использованием модели турбулентности SST (Shear Stress Transport). Расчетная область включает в себя сопловую лопатку первой ступени турбины, газосборник камеры сгорания, полости подвода охлаждающего воздуха к сопловому аппарату. Сеточная дискретизация расчетной области выполнена в ANSYS ICEM CFD на основе тетра-элементов с призматическими слоями. Величина пристеночного элемента 1е-6 м. Такой размер пристеночного элемента позволяет получить в процессе расчета безразмерное расстояние от стенки Y+ < 5, а значит с высокой долей точности смоделировать течение газа и охладителя вблизи поверхности соплового аппарата.

Модель сопряженного теплообмена исходной схемы охлаждения была верифицирована по результатам пакетных испытаний соплового аппарата на стенде и термометрирования на двигателе. При сравнении данных полученных в ходе эксперимента и расчетным путем, установлено, что отличие по температуре металла составляет не более 20-30 К для пакетного стенда и 30-40 К для двигателя. Отклонение гидравлических характеристик не превышает 1%.

В результате численного исследования оптимизированной схемы охлаждения на модели сопряженного теплообмена получено существенное снижение температуры трактовых полок, при сохранении общего расхода охлаждающего воздуха, что доказывает целесообразность использования веерных отверстий перфорации и эффективность предложенных мероприятий.

Быстродействующий электропривод на основе вентильного электродвигателя

Зайвый А.О.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Шлеенкин Л.А.
МАИ, каф. 301
andreizayvyy@yandex.ru

В настоящее время осуществляется переход от использования гидроприводов в системах управления самолетом к использованию электроприводов на основе современных моделей электродвигателей с высокими удельными показателями мощности и крутящего момента. С появлением новой элементной базы силовой электроники достигнуты большие успехи в областях создания новых поколений быстродействующих электроприводов на основе вентильного электродвигателя. Имеется широкий диапазон мощностей от десяток ватт до нескольких сотен киловатт, что позволило применение в разных промышленных отраслях, в таких как аэрокосмическая.

Необходимо отметить, что современные узлы электрических машин обладают характеристиками, близкими к максимальным по технологическим потенциалам изготовления. По этой причине, все силы, связанные с перспективными исследованиями, необходимо перенести на увеличение быстродействия электроприводов на основе вентильного электродвигателя с помощью технологий, то есть с помощью управления.

Такие системные решения сопровождаются обязательно неминуемым повышением интенсивности воздействия, что приводит к повышению колебательности. Таким образом, цель увеличения быстродействия, так и задача уменьшения динамической погрешности (в первоначальную очередь сдерживания колебаний) представляет огромное внимание, как для научного изучения, так и с целью практического применения.

В данной работе предлагается способ системного повышения быстродействия электропривода на базе вентильного двигателя за счет обоснованного выбора специальной формы управления и его параметров, также частичной модернизации имеющегося типа двигателя, путем встраивания в конструкцию специальных датчиков на ротор двигателя. Так же применение алгоритма коммутации фаз двигателя. В работе приведены разные алгоритмы: симметричная одиночная коммутация, при которой осуществляет работу лишь одна фаза двигателя; симметричная парная коммутация, при которой в любой момент времени осуществляют работу лишь две фазы; несимметричная коммутация двигателя, коммутация фаз при которой работает то одна фаза, то две фазы двигателя одновременно. Из представленного метода коммутации фаз двигателя вытекают некоторые параметры, такие как: количество тактов за цикл коммутации; количество тактов на один полный оборот ротора; тактовый угол, определяющийся углом поворота ротора за один такт коммутации.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности получения быстродействующего электропривода на основе вентильного электродвигателя с помощью выбора формы управления с использованием постоянных магнитов и аморфных материалов. Так же на основе данной работы можно сказать, что возможна работа на больших частотах вращения, низкие потери в роторе и низкий момент инерции.

Анализ эксплуатационных повреждений рабочих лопаток компрессоров ТРДД и исследование их влияния на спектры собственных частот и форм колебаний

Заяц М.А., Конев А.А., Попов А.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Чичков Б.А.
МГТУ ГА, каф. ДЛА
Slam4ik94@mail.ru

В результате анализа эксплуатационных повреждений рабочих лопаток компрессоров ТРДД и исследования влияния повреждений и способов их устранения на спектры собственных частот и форм колебаний установлено:

1. все рассмотренные типы двигателей устанавливаются на ЛА-низкопланы, что увеличивает вероятность попадания посторонних предметов в проточную часть

двигателей и повреждение рабочих лопаток, что и является основным внешним источником эксплуатационных повреждений рабочих лопаток;

2. массовые повреждения рабочих лопаток авиационных ГТД представлены забоинами,вмятинами, отгибами уголков пера и их отрывами, вырывами материала пера, отсутствием части лопатки;

3. основным внутренним источником пореждений лопаток являются факторы, способствующие развитию опасных резонансных колебаний лопаток, приводящие к развития усталости и снижению прочности лопаток;

4. повреждения пера лопаток компрессоров и их последующее устранение приводит к изменению геометрических и массовых характеристик пера, что приводит к развитию опасных резонансных колебаний на частотах врещения ротора отличных от принятых при проектировании;

5. рабочие лопатки подвержены изгибным, крутильным и смешанным формам колебаний, в совокупности образующим спектр колебаний. Наибольшую опасность представляют колебания по первой изгибной форме, при которых лопатка может разрушиться в корневой части. Выполнены теоретические и экспериментальные оценки собственной частоты колебаний рабочих лопаток компрессора низкого давления по первой изгибной форме;

6. в результате экспериментальной оценки спектров собственных частот и форм колебаний рабочих лопаток – исправных, с типичными эксплуатационными повреждениями в виде забоин, отгибов периферийных частей и вырывов частей пера и лопаток с устраненными повреждениями определено положение узловых линий и собственные частоты колебаний для нескольких изгибных, крутильных и смешанных форм. Полученнные частоты колебаний и смещения узловых линий относительно таковых для исправной лопатки указывают на принципиальное влияние повреждений и способов их устранения на спектры собственных частот и форм колебаний, что в настоящее время не учитывается должным образом в процессе эксплуатации двигателей;

7. рассмотренные двигатели имеют достаточное количество лючков и портов для осмотра их узлов, что обеспечивает высокую степень контролепригодности и позволяет выполнять своевременное и достоверное фиксирование повреждений с применением приборов оптико-визуального контроля (ОВК); точное определение размеров и координат их расположения и установление возможности устранения повреждения (зачистки, запилов) в условиях эксплуатации без снятия двигателя с ЛА;

8. на основе выполненных в работе оценок оценок сформулированы рекомендации для организации оптико-визуального контроля КВД двигателей рассмотренных типов в процессе эксплуатации.

Исследование возможности использования метода орбитального анализа вибрации для определения резонанса роторных систем

Зубко А.И.
Научный руководитель – с.н.с., д.т.н. Звонарев С.Л.
МАИ, каф.203
zbk2@yandex.ru

При работе газотурбинных двигателей (ГТД) возникают вибрации вызываемые источниками различного происхождения. Так, например, при устойчивом режиме вращения колебания идеально уравновешенного ротора отсутствуют, но реальный ротор испытывает воздействия различных не скомпенсированных сил вызывающих его колебания или колебания всей системы ротор-опоры-корпус. Повышенные вибрации снижают ресурс узлов роторных систем двигателя и увеличивают вероятность появления их непрогнозируемых отказов.

Существенный вклад в формирование суммарного вектора вибраций ротора вносит дисбаланс, и в первую очередь остаточный дисбаланс. Для его снижения разработано большое количество методов балансировки и балансировочного оборудования. Для роторов, рабочие частоты вращения которых находятся вблизи резонансных режимов,

наиболее эффективным считается проведение высокочастотной многоплоскостной балансировки. При этом эффект наибольшего снижения амплитуды вибрации наблюдается именно на резонансных режимах. Такие работы выполняются на вакуумных балансировочных стендах. При этом частоты резонанса по различным причинам смещаются от своего положения определенного при проведении экспериментального модального анализа в статических условиях. В некоторых случаях резонансные режимы могут входить в зоны рабочих частот вращения роторов.

Существует необходимость оперативного анализа, непосредственно во время проведения экспериментальных и практических работ для отделения резонансных режимов роторов от участков диапазона рабочих частот вращения с повышенной виброактивностью вызванной другими причинами.

На базе стенда ВЧ балансировки HL-4 были проведены исследования возможности определения резонансных режимов с помощью метода орбитального анализа вибрации, являющимся частным случаем построения амплитудно-фазочастотных характеристик. Режим работы стенда позволяет увеличить время прохождения резонансных режимов, что дает возможность более детально исследовать внешние проявления данного процесса.

Реализуемая траектория перемещения центра системы ротор – статор формируется под влиянием сил возникающих на роторе и воздействующих на статор, зависит от нескольких параметров: амплитуды (размаха) перемещения системы ротор - статор под воздействием не скомпенсированных сил, динамической жесткости, демпфирования системы, фазы вибрации.

В области резонанса динамическая жесткость резко снижается, а фаза колебаний резко изменяется. При небольшой анизотропии траектория движения центра вала имеет небольшую эллиптическую форму, изменяющую амплитуду и положение главной оси при прохождении резонансного режима. Это и является диагностическим признаком наличия резонанса. Отсутствие поворота главной оси свидетельствует только лишь о повышенной виброактивности роторной системы вызванной причинами не связанными с резонансом.

Вывод: Использование метода орбитального анализа вибрации позволяет в режиме проведения испытаний определять наличие резонансных режимов роторных систем.

Обеспечение требований к метрологическому сопровождению ресурсных испытаний двигателя при выполнении гособоронзаказа

Зубрилин А.М., Назырова О.Р.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Афанасьев В.А.
МАИ, каф. 207
alexzbrn@yandex.ru

Актуальность темы заключается в том, что для получения достоверных результатов ресурсных виброиспытаний двигателя (далее – испытания) необходимо применять эталоны единиц физических величин, средства измерений, средства контроля, индикаторы и контрольно-проверочную аппаратуру (далее – КПА), метрологическая пригодность которых соответствует заданным требованиям, установленным в Техническом задании на конкретное испытание.

Для определения частот и форм собственных колебаний конструкции двигателя, он вывешивается на упругой подвеске. С целью выделения определяемого тона колебаний осуществляется возбуждение упругих колебаний силовозбудителями в заданных точках конструкции двигателя. Система возбуждения должна обеспечивать необходимую возбуждающую силу в заданных точках конструкции двигателя и в заданном программой испытаний частотном диапазоне, для получения нормальных амплитуд колебаний конструкции двигателя, их измерений, оценки и анализа. Дополнительно, в процессе проведения испытаний применяют средства измерений и контроля, индикаторы и КПА, которые могут входить в состав испытательного оборудования.

При разработке технической документации на испытательное оборудование, разработке, производстве и эксплуатации самого испытательного оборудования должны выполняться следующие требования в части метрологического обеспечения:

– Техническая документация должна разрабатываться в соответствии с требованиями ОСТ 1 02656-2008 и пройти метрологическую экспертизу с учетом требований ОСТ 1 00221-2005.

– При нормировании технических характеристик и показателей точности измерений должны использоваться единицы физических величин, допускаемые к применению Постановлением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2009 г. № 879, а применяемые термины – в соответствии с РМГ 29-2013.

– Измерения параметров должны проводиться с применением стандартизованных методик (методов) измерений или аттестованных в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009.

– Метрологическое обеспечение испытаний должно организовываться и проводиться с учетом требований ГОСТ РВ 8.570-98.

– Применяемые средства измерений должны быть утверждены по типу, поверены в порядке, установленном Приказом Минпромторга от 02 июля 2015 г. № 1815 и иметь действующие свидетельства о поверке и (или) знаки поверки.

– Применяемые средства контроля и индикаторы должны быть проверены в соответствии с требованиями в эксплуатационной документации на них.

– Применяемое испытательное оборудование должно быть аттестовано в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.568-97 и ГОСТ РВ 0008-002-2013.

– Метрологическое сопровождение КПА должно соответствовать требованиям, изложенным в эксплуатационной документации на нее.

Выполнение данных требований обеспечит получения достоверных результатов испытаний и производства качественных и безопасных двигателей.

Исследование акустических характеристик малогабаритных звукопоглощающих конструкций для систем шумоглушения авиационных двигателей

Ипатов М.С.
ЦАГИ, НИО-9
zpknio9@mail.ru

Уменьшении числа лопаток и снижение окружной скорости вентилятора перспективного авиационного двигателя с большой степенью двухконтурности приводит к смещению основных частот генерации шума в область низких частот 0,6 кГц -1 кГц. При использовании сотовых ЗПК с перфорированными листами, настройка на максимальное звукопоглощение в области низких частот приводит к увеличению суммарной толщины звукопоглощающей конструкции настолько существенному, что она по габаритам не может быть использована в канале наружного контура силовой установки. В данной работе исследованы малогабаритные конструкции, которые при относительно небольшой толщине (до 30 мм) позволяют обеспечить звукопоглощение в широкой полосе частот.

Смещение частоты настройки ЗПК в область низких частот осуществляется за счет увеличения массовой составляющей импеданса, что обычно реализуется варьированием процента перфорации лицевого листа. В работе изучается другой способ, основанный на использовании трубок на входе звукопоглощающей конструкции и в глубине воздушной полости. Работа удлиненных трубок в перфорированной панели на входе резонансной ЗПК рассмотрена как в сочетании с изолированной полостью, так и при наличии в полости поглощающих элементов (перфорация, металлическая сетка, волокнистый поглотитель). В частности было проведено исследование влияния зависимости акустических характеристик образцов от расстояния, на котором располагалась внутренняя перфорированная пластина.

Получено, что при приближении перфорированной пластинки к трубкам действительная часть импеданса увеличивается во всей области частот. Мнимая часть импеданса изменяется существенно меньше. В целом такое изменение расстояния практически не изменило частотную характеристику коэффициента звукопоглощения в

диапазоне частот вблизи частоты настройки, однако появился некоторый положительный эффект в высокочастотной области вблизи частоты 2800 Гц.

В том числе, исследованы ЗПК с перфорированной панелью с удлиненными трубками, расположенными в полости резонатора, при наличии на входе обычной однородной перфорированной панели или густой металлической сетки. Показано, что частотные характеристики коэффициента звукопоглощения таких конструкций имеют два характерных максимума: один узкополосный, расположенный в низкой области частот, и второй широкополосный, расположенный в высокой области частот. При этом форма и величина спектра не зависят от направления трубок вверх или вниз. Исследования продемонстрировали возможность управления частотной характеристикой коэффициента звукопоглощения такой конструкции без изменения общей толщины ЗПК с помощью изменения расстояния за сеткой и параметров резонатора (длины трубки, процента перфорации, объема). При этом более существенного изменения формы спектра поглощения можно добиться за счет перемещения внутреннего слоя с трубками относительно входного перфорированного слоя.

Выполненные исследования показали, что ЗПК, обеспечивающие высокое звукопоглощение в широком диапазоне частот при ограничении их высоты могут быть созданы на основе различных типов конструкций и материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по соглашению №14.625.21.0038, уникальный идентификатор проекта RFMEFI62516X0038.

Разработка и исследование форсунки для распыла воды при сертификации авиационных двигателей на попадание дождя

Калинина К.Л.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Гурьянов А.И.
РГАТУ им. П.А. Соловьева, каф. ОиТФ
cris.kalinina2012@yandex.ru

Сертификация авиационного двигателя является ответственным мероприятием, обеспечивающим безопасность его дальнейшей эксплуатации. Основными направлениями испытаний являются имитация процессов обледенения, проверка на попадание птиц во входной направляющий аппарат, моделирование града, атмосферного дождя. Нестационарность полета капель требует обеспечения ряда модельных показателей, принятых при сертификации для имитации дождя.

Модельная постановка воздействия дождя на рабочий процесс двигателя может быть осуществлена при обеспечении условий, приводящих к многократному дроблению водяных струй [2], и комплекса требований по концентрации воды в воздухе, спектру распределения капель по размерам, значению среднемедианного диаметра капель, расходным характеристикам форсунок и условиям динамического взаимодействия макродисперсного капельного потока с воздушным течением в воздухозаборник [1].

Формирование капель сертификационного спектра происходит в течение $\tau = 0{,}0243$ с. Допустимый для имитации атмосферного дождя диапазон значений числа We, при котором не происходит разрушения границ капель, от 0 до 10. При этих условиях расстояние, на котором капля не распадаясь достигнет двигателя составляет 5 м. На режиме «малый газ» этому расстоянию соответствует перепад давления на форсунке $\Delta p = 2{,}51 \cdot 10^5$ Па, для режима работы «взлет» $\Delta p = 10{,}85 \cdot 10^5$ Па. Параметры режимов работы приняты для двигателя ПД-14, создание которого находится на стадии сертификационных испытаний.

Для исследования характеристик макрокапельного потока разработаны и изготовлены пять опытных форсунок, отличающихся диаметром центрального отверстия и размерами поперечной канавки. Доработка одной из опытных форсунок позволила получить демонстрационный образец, обеспечивающий средний медианный диаметр $2{,}662 \cdot 10^{-3}$ м и диапазон диаметров макрокапельного потока, соответствующий сертификационному спектру от $0{,}5 \cdot 10^{-3}$ м до $7 \cdot 10^{-3}$ м.

Разработанная схема коллекторного модуля испытательного стенда для имитации дождя состоит из двух независимых коллекторов в форме многоугольных кольцевых магистралей, содержащих по 15 форсунок каждый. Это позволяет осуществлять имитацию дождя на режимах «малый газ» и «взлет» с условием одновременного обеспечения концентрации воды в воздухе 0,02 кг/м^3 и значения среднего медианного диаметра капель 2,66 10^{-3}м, а также работу на переходных режимах между «малый газ» и «взлет» с условием поддержания концентрации воды в воздухе 0,02 кг/м^3.

Подготовка кадров в области двигателестроения

Кириллова А.М., Одинцова Е.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Монахова В.П.
МАИ, каф. 207
cat89moscow@mail.ru

Двигатели летательных аппаратов являются сложными наукоемкими объектами, разработка, проектирование, изготовление и эксплуатация которых зависит от высокого профессионализма специалистов данной отрасли, от их знаний и компетенций, полученных как в процессе обучения, так и в процессе дальнейшей работы на предприятии.

Подготовка специалистов в вузах ведется в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования (ФГОС ВО), предъявляющими требования к структуре основных образовательных программ (ООП), условиям реализации ООП и результатам освоения ООП. ФГОС ВО являются основой для объективной оценки уровня образования и квалификации выпускников.

В настоящее время в макеты новых ФГОС ВО заложены понятия профессиональных компетенций, которые по существу являются результатами обучения, отвечающими определенным трудовым функциям, устанавливаемым в сфере труда профессиональными стандартами. Требования профессиональных стандартов лежат в основе квалификаций во многих странах мира. Однако, наблюдаются существенные различия в подходах и процедурах как разработки профессиональных стандартов, так и учете их требований при формировании образовательных программ высшего образования. Решить проблемы разработки ФГОС ВО и соответствующих им профессиональных компетенций, ориентированных на сближение с профессиональными стандартами можно только при активном взаимодействии между сферой труда (предприятиями отрасли) и сферой образования (высшими учебными заведениями).

Опыт совместного с работодателями проектирования профессиональных компетенций показывает какой долгий и трудный путь приходится им пройти для системного описания своих собственных требований. После проведения такой работы предприятия вносят соответствующие изменения в организацию труда собственных работников, что играет большую роль с точки зрения подготовки будущих кадров для своего предприятия.

В настоящей работе рассматриваются предприятия двигателестроительной отрасли РФ и высшие учебные заведения, осуществляющие подготовку кадров для этих предприятий. Анализируются специализации и направления подготовки ВУЗов; взаимодействие ВУЗов с предприятиями отрасли; проекты новых ФГОС ВО, разрабатываемых с учетом требований профессиональных стандартов.

Разработка методики сертификационных испытаний газотурбинного двигателя для оценки пусковых характеристик в наземных условиях

Коваль С.Н.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Афанасьев В.А.
МАИ, каф. 207
koval-svetlana@ro.ru

Для проведения сертификационных испытаний авиационного двигателя(АД) основополагающими документами являются Авиационные правила (АП) Часть 21 и-Часть 33 [7,8].

Данные нормативно-технические документы предписывают стандартные требования к летной годности для выдачи Сертификатов типа авиационных двигателей и Дополнений к этим Сертификатам. Указанные в АП-33 требования распространяются на газотурбинные и поршневые маршевые двигатели дозвуковых самолетов и винтокрылых аппаратов транспортной категории; легких самолетов и винтокрылых аппаратов нормальной категории, а также очень легких воздушных судов (ОЛВС)гражданского назначения.

В работе рассматриваются вопросы запуска АД. Запуск является одним из его эксплуатационных свойств, определяющих способность выхода двигателя на режим малого газа при данных климатических или высотно-скоростных условиях за определенный промежуток времени после нажатия на кнопку запуска и перевода рычага управления двигателя в положение «Малый газ».

Основным требованием к наземному запуску двигателя в условия равнинного и высокогорного аэродромов является время запуска, определяющее такой важный параметр, как готовность к взлету.

Для проведения испытаний по оценке пусковых характеристик двигателей в условиях равнинных и высокогорных аэродромов, расположенных в различных климатических зонах земного шара от арктических до сухих и влажных субтропиков, был подобран высотно-климатический стенд.

В качестве объекта исследования рассматривались маршевые, бустерные, вспомогательные и поршневые двигатели самолетов, вертолетов, средств наземного и водного передвижения; стационарные и передвижные газотурбинные энергетические установки, а также различное оборудование самолетов, вертолетов, наземного и водного транспорта.

Целью данной работы являлось определение параметров двигателя на линии рабочих режимов в области пусковых режимов от малого газа и ниже вплоть до частоты вращения самопроизвольного выключения двигателя.

Снижение шума реактивной струи турбореактивного двигателя в источнике

Колтырина К.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Белова С.Е.
РГАТУ им. П.А. Соловьева, каф. АД
koltyrna@mail.ru

Одной из наиболее важных проблем современного авиадвигателестроения является понижение шума реактивной струи. Как известно, в ТРДД для повышения характеристик двигателя и снижения шума реактивной струи применяется смешение потоков контуров.

Анализ известных источников показывает, что для удовлетворения нормам ИКАО необходимо понизить шум струи ТРДД гражданской авиации на величину примерно 20 EPNdB. В то же время, с точки зрения экономичности полетов, устройство для понижения шума реактивной струи должно обеспечить не менее 4 EPNdB на процент потерь тяги.

Известные результаты исследований показывают, что наиболее значительный вклад в суммарный шум двигателя вносит именно реактивная струя. Поэтому, большой интерес ученых и производственников вызывает изучение особенностей акустики реактивной струи и разработка средств и методов глушения её шума. Увеличение

акустической безопасности за счет специальной доработки выхлопной части двигателя является привлекательным – оно позволяет добиться значительного успеха при небольшом влиянии на конструкцию силовой установки, практически не затрагивая конструкцию планера. Имеющиеся на данный момент устройства по снижению шума реактивной струи влияют на шум за счет процесса смешения воздуха второго контура и трактового газа, никак не используя хладоресурс воздуха, смешиваемого с газом. Между тем воздух второго контура имеет очень низкую температуру.

В рамках выполненной работы спроектирована конструкция устройства для шумоглушения реактивной струи ТРДД. Для смешения потоков контуров с целью шумоглушения предложено устройство, в состав которого входят стойки стоечного узла со специальными полостями для протекания воздуха второго контура, задний обтекатель с ресивером, сообщающемся с полостями, расположенными в стойках, для подвода воздуха внешнего контура в осевую часть зоны его смешения с выходящим из турбины трактовым газом.

Эффективность предлагаемой конструкции достигается тем, что в полости в радиальных стойках заднего стоечного узла поступает холодный воздух внешнего контура, затем данный воздух поступает в полость заднего стекателя, оттуда выдувается в центральную часть реактивной струи через отверстие в стекателе. Предлагаемая конструкция применима и эффективна не только для ТРДД гражданского, но и военного назначений. Для подтверждения эффективности данного способа активного глушения (глушения в источнике) было предпринято систематическое экспериментальное исследование модели заднего стекателя (оснащенного центральным отверстием), внутренняя полость которого сообщена со стоечным узлом. Было замерено полное давление в выходном сечении модели для обоих модификаций экспериментальной модели (с выдувом воздуха второго контура и без такового) и замеры шума в полусфере за срезом сопла.

Результат снижения шума, получаемый в результате применения данной конструкции стоечного узла и стекаетля, достигается без утяжеления конструкции ТРДД. Экспериментально доказана эффективность данного способа снижения шума. Осредненное значение шума в средней плоскости модели без эжекции начального участка струи (вихревого конуса) составляет 86,2 дБ, а с эжекцией – 78,9 дБ. Таким образом, достигается понижение шума на 8,5%.

Экспериментальное исследование горения смешанного и синтетического топлива в противоточном горелочном модуле

Кононова В.В.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Гурьянов А.И.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. ОиТФ
kononova.93@yandex.ru

В процессе работы были проведены исследования особенностей горения смешанного и синтетического топлива в горелочном модуле противоточного типа.

Процессы горения топлив составляют основу энергетики, авиации, высокотемпературных процессов, транспорта и быта. Среди общих проблем устройств сжигания топлива главными являются: обеспечение высокой полноты сгорания топлива (не менее 99,99%); сокращение выбросов загрязняющих атмосферу веществ при минимальных размерах зоны горения; снижение вероятности срыва пламени и расширение концентрационного диапазона устойчивого горения. В России, как и в зарубежных странах, имеется успешный опыт создания камер сгорания, у которых горелочный модуль работает на альтернативных видах топлива, в том числе на синтез-газе. Применение таких устройств в газотурбинных установках является одним из наиболее целесообразных решений проблемы загрязнения окружающей среды.

В процессе анализа физико-химических свойств смешанного топлива и синтетического газа было установлено, что объемная и массовая теплота сгорания топливно-воздушной смеси уменьшается по линейной зависимости при увеличении

объемной доли синтез газа. Это обусловлено тем, что в состав синтез-газа, подаваемого в противоточный горелочный модуль, входит молекулярный азот, процентное содержание которого по объёму составляет 49,11%. Являясь инертной примесью, он уменьшает процентное содержание горючих компонентов и снижает количество энергии, выделяющейся при сгорании единицы массы или объёма синтез-газа.

В ходе экспериментов по горению смешанного топлива (синтез-газ и метан) было отмечено, что добавка синтез-газа в диапазоне от 7% до 80% сопровождается скачкообразным расширением концентрационного диапазона устойчивого горения более чем в 4 раза в количественном выражении по сравнению с метаном. Результаты исследований по сжиганию топлива показали, что перевод устройств горения на синтетический газ сопровождается двукратным снижением эмиссии оксидов азота во всем концентрационном диапазоне устойчивого горения, относительно горения метана. Объёмная доля целесообразной добавки синтез-газа, составляющая 15%, позволяет сократить эмиссию оксидов азота при горении в условиях газодинамического противотока в 1,5 раза относительно горения метана во всём диапазоне по коэффициенту избытка воздуха. Эмиссия несгоревших углеводородов в богатой области горения уменьшается 7,7 раз, в области бедного горения снижается в 1,8 раза, в случае стехиометрического горения концентрация уменьшается в 42 раза. Эмиссия монооксидов углерода в области бедного горения снижается в 1,7 раза, в области богатого горения в 4 раза, в случае стехиометрии в 2,5 раза.

По итогам расчетных и экспериментальных исследований была разработана модель противоточного горелочного устройства, осуществляющая низкоэмиссионное сжигание топливной смеси метана и синтез-газа в широком диапазоне коэффициента избытка воздуха.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №16-08-00974 «Развитие модельного описания тепломассообменных процессов в закрученных ограниченных течениях и его применение при создании устройств перспективных технологий».

Задача нахождения единого комплексного параметра размерности турбин

Куликов А.В.
Научный руководитель – д.т.н.,с.н.с., в.н.с. Крылов Б.А.
МАИ, каф.201
Atr1x@yandex.ru

Широкий класс представляют турбины для привода агрегатов, имеющие большой диапазон необходимых мощностей, частот вращения и ряд технических, конструктивных особенностей.

Выбор и анализ параметров и характеристик турбин, целесообразно классифицировать по основным определяющим параметрам. Этим вопросам посвящена работа «Выбор параметров и расчет маломощных турбин для привода агрегатов», Быков Н.Н., Емин О.Н., М. Машиностроение, 1972г., в которой даются зависимости, определяющие влияние ряда параметров на эффективность турбины.

Используя полученные расчетным путем зависимости, авторы книги, Быков Н.Н. и Емин О.Н., предлагают два критериальных комплекса, определяющие уровень КПД турбины, которыми, является коэффициент комплексной мощности $N_{комп}$ и параметр производительности А.

Полученные расчетные зависимости оказались громоздкими и неудобными для практического использования.

Целесообразно имеющуюся значительную базу экспериментальных данных по исследованию характеристик турбин, разбить на три класса: полноразмерные турбины, малоразмерные турбины и микротурбины.

Ставится задача по нахождению единой объединенной зависимости мощности турбины от единого комплексного параметра N=f(комплексный параметр) для всех трех классов турбин.

Основываясь на экспериментальных данных полноразмерных турбин, малоразмерных турбин и микротурбин, разрабатывается комплексный параметр, позволяющий иметь единый подход к экспериментальным характеристикам все трех классов турбин.

Такая единая зависимость дает возможность, в первом приближении, по уровню мощности определять к какому классу относится турбина, и определять ее облик.

Среди проблем возникающих при разработке единого комплексного параметра, можно отметить задачу построения единой зависимости для всех трех классов турбин. Влияние на разные классы турбин их параметров не одинаково. Параметры имеющие большое влияние на класс микротурбин, имеют меньшее влияние на класс полноразмерных турбин и наоборот.

Экспериментальное исследование аэродинамических характеристик сопловых аппаратов турбины с диагональной проточной частью

Курдюков А.В., Павлычев Г.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Вятков В.В.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. АД
ad@rsatu.ru

Особенностью конструкции турбины низкого давления (ТНД) турборективного двухконтурного двигателя (ТРДД) является диагональность проточной части. Т.е. средняя линия лопаточного венца находится под углом к оси двигателя. Угол наклона проточной части в выполненных двигателях достигает на первых ступенях ТНД величины 30^0. Диагональность проточной части изменит условия течения в лопаточном венце и повлияет на его аэродинамические характеристики. Для соплового аппарата первой ступени ТНД значительно будет влияние поля параметров на входе в сопловой аппарат, которое будет формироваться в межтурбинном переходном канале. Для проектирования ТНД необходимо знать распределение потерь кинетической энергии, ошибки в определении которого приведут к уменьшению проектного коэффициента полезного действия турбины.

Информация о продувках таких лопаточных венцов в открытой печати отсутствуют. Для первого соплового аппарата ТНД исследовать решетку профилей отдельно от переходного канала бессмысленно. Нужно исследовать модель всего каскада турбин.

Для получения аэродинамических характеристик диагональных сопловых аппаратов была создана экспериментальная установка, которая позволяет исследовать кольцевую решетку профилей совместно с моделью межтурбинного переходного канала. На входе в переходный канал может иметься остаточная закрутка потока (для двигателя с одноступенчатой турбиной высокого давления она будет обязательно), что также моделировалось на экспериментальном стенде. Проводились продувки моделей с различной геометрией межтурбинных переходных каналов, профилей сопловых аппаратов и различной закрутке на входе в переходный канал. Для каждого варианта модели снималось поле потерь кинетической энергии за решеткой и определялось распределение потерь по высоте решетки.

По результатам анализа результатов сделаны следующие выводы

1. Распределение потерь по высоте для диагонального соплового аппарата отличается от классических аэродинамических характеристик прямых решеток.

4. Для соплового аппарата первой ступени ТНД следует выделять две области потока: втулочную и периферийную. Характер влияния конструктивных факторов на потери кинетической энергии в этих областях различен.

5. Потери в диагональном сопловом аппарате не зависят от направления входной закрутки в переходном канале.

6. Существует величина начальной закрутки потока на входе в межтурбинный переходный канал, при которой потери в диагональном сопловом аппарате перестают зависеть от ее величины.

7. Наибольший вклад в потери в сопловом аппарате ТНД вносит отрыв потока в переходном канале. В зависимости от геометрических характеристик канала и закрутки потока он может возникать на втулке и периферии.

8. Отрыв вблизи втулочной поверхности переходного канала в сопловом аппарате усиливается, а отрыв в периферийной области переходного канала в сопловом аппарате локализуется увеличение потерь в диагональном сопловом аппарате по сравнению с осевой решеткой профилей определяется меридиональной диффузорностью межтурбинного переходного канала и углом наклона проточной части. Данное увеличение потерь обязательно нужно учитывать при проектировании ТНД ТРДД.

Исследование процесса течения газа в цилиндрическом канале с трением и подогревом

Кучеров Н.А.
Научный руководитель –профессор, д.т.н. Лепешинский И.А.
МАИ, каф. 201
n.kutcherov@bk.ru

В настоящее время в газотурбинных двигателях и других тепловых машинах имеет место процесс течения газа с подводом тепла и трением. Однако отсутствуют газодинамические методы способные детализировать этот процесс и определить вклад подвода тепла и трения в структуре общих потерь. В данной работе решена обозначенная задача для течения газа в цилиндрическом канале, приближенно имитирующая процесс в ГТД.

Рассматривая данный процесс с точки зрения термодинамики необходимо использовать понятие энтропии. Энтропия в данном случае будет расти за счёт внешнего подвода тепла и за счёт внутреннего трения. Однако расчёт каждого составляющего представляет затруднения.

Рассмотрим данный процесс, используя закон обращения воздействия (ЗОВ). Из него следует, что при подводе тепла к дозвуковому течению газа его скорость увеличится. А следовательно возрастут и потери от трения, т.е. подвод тепла увеличивает потери как прямо (рост энтропии от внешнего подвода тепла), так и косвенно, влияя на потери от трения.

Для определения этих потерь воспользуемся понятием эксергии. Эксергия-максимальная работа, совершаемая системой в обратимом процессе взаимодействия с окружающей средой, при котором все параметры системы придут в состояние равновесия с параметрами окружающей среды. Далее, используя закон Гюи-Стодолы, свяжем потери эксергии с потерями полного давления. Для определения последних воспользуемся вышеупомянутым ЗОВ, причём рассмотрим влияние подогрева и трения как в сумме, так и по отдельности.

Для большей детализации процесса введём ряд несколько новых коэффициентов:

коэффициент необратимости, характеризующий потери от подвода тепла; коэффициент трения, характеризующий потери от трения; и коэффициент обмена энергией, характеризующий подвод тепла. Вместе с коэффициентом восстановления полного давления они полностью опишут структуру потерь.

Проведённые расчёты показывают, что при подводе тепла к газу, движущемуся с трением, его потери существенно увеличиваются, причем это увеличение идет за счет трения. С увеличением длины тракта потери от трения растут, а потери за счет тепла не меняются. Разработанная модель расчета позволяет проводить численный анализ при различных комбинациях параметров.

Моделирование работы насосов топливной системы ГТД

Логачев Д.А., Кощуков А.Н.
Научный руководитель – к.т.н. Легконогих Д.С.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. АД
stav-leg@mail.ru

Топливные системы авиационных ГТД имеют в своем составе плунжерные и шестеренные насосы (ШН), относящиеся к классу объемных, а также центробежные насосы (ЦН), которые относятся к классу массовых.

ШН при достаточной простоте и надежности имеют производительность в 1,5 – 2 раза больше, чем у плунжерных насосов тех же габаритов. Регулирование расхода топлива у ШН осуществляется клапанами, перепускающими избыточную часть топлива обратно на вход в насос. С ростом высоты полета самолета увеличивается и расход перепускаемого топлива, на некоторых режимах полета он может достигать 75 % от максимальной производительности насоса.

ЦН при малой массе и нечувствительности к загрязнению топлива обладают большей производительностью по сравнению с шестеренными и плунжерными. Давление на выходе ЦН пропорционально квадрату частоты вращения ротора, поэтому на пониженных режимах работы эти насосы имеют малый расход топлива, низкий КПД и создают недостаточный напор. Данные недостатки не позволяют применять ЦН в качестве основных для подачи топлива непосредственно в камеру сгорания, особенно на режимах запуска и малого газа. Поэтому чаще всего ЦН являются подкачивающими (дополнительными), предназначенными для предварительного повышения давления топлива на входе в ГТД. Регулирующим органом ЦН является дроссельный кран, установленный в выходной магистрали.

В графической среде имитационного моделирования MATLAB Simulink, позволяющей при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов строить динамические модели, выполнена модель топливной системы авиационного ГТД АЛ-31Ф, входящего в силовую установку самолета Су-27. В состав топливной системы входят подкачивающий ЦН ДЦН-82 и ШН качающего узла насоса-регулятора НР-31В. Эти насосы размещены на коробке двигательных агрегатов и приводятся во вращение от двигателя, поэтому частоты вращения насосов пропорциональны частоте вращения ротора высокого давления ГТД, что исключает возможность изменения расхода топлива частотой вращения насосов.

На стационарном режиме работы двигателя АЛ-31Ф регулирование расхода топлива в основную камеру сгорания осуществляется изменением площади проходного сечения дозирующего крана поворотного типа при постоянном перепаде давления на нем, поддерживаемом регулятором. Поддержание постоянного перепада давления обеспечивается перепуском избыточного топлива через перепускной клапан обратно на вход в насос.

В результате моделирования топливной системы ГТД были получены характеристики насосов в виде зависимостей между давлением и расходом для различных режимов (частот вращения). Анализ полученных характеристик свидетельствует о том, что дросселирование ЦН, вследствие изменения течения топлива в самом насосе, приводит к плавному росту давления и снижению расхода топлива. При дросселировании же ШН расход топлива теоретически не меняется, а практически несколько снижается за счет утечек, давление при этом резко увеличивается.

Полученные расчетные зависимости полностью согласуются с теоретическими для данных типов насосов. Улучшение характеристик топливной системы ГТД может быть достигнуто при управлении частотами вращения ШН и ЦН независимо от ротора двигателя за счет применения электрического привода насосов.

Разработка конструктивных схем форсунок для воздушно-реактивных двигателей беспилотных летательных аппаратов

Миннахметов Л.И., Куимов Е.С., Коханова С.Я.
Научный руководитель – д.т.н. Алтунин В.А.
КНИТУ-КАИ, каф. ТиЭМ
egor1997-08@mail.ru

Большое разнообразие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) нашли и продолжают находить своё применение в различных областях народного хозяйства, в МЧС, в МВД, в ВС РФ. Существующие БПЛА можно классифицировать: на крупногабаритные, среднегабаритные, малогабаритные; одноразового и многоразового использования; с электрическими двигателями, с поршневыми двигателями внутреннего сгорания, с воздушно-реактивными двигателями (ВРД): с газотурбинными двигателями (ГТД), с U- образными двигателями пульсирующего горения.

Применение жидких углеводородных горючих и охладителей (УВГ и УВО) в ВРД БПЛА одноразового использования практически не создаёт каких-либо проблем. Эксплуатация БПЛА многоразового использования показывает, что в форсунках ВРД образуется твёрдый углеродистый осадок, который отрицательно влияет на надёжность и ресурс ВРД и всего БПЛА.

Частичное закоксовывание форсунок приводит к частичной потере тяги, а полное закоксовывание – к обнулению тяги. Частичное закоксовывание даже только одной форсунки ГТД может привести к нерасчётному струйному распылу жидкого УВГ, к локальному прогару жаровой трубы, к пожару и взрыву двигателя и всего БПЛА. Закоксовывание деталей топливно-регулирующей аппаратуры приводит к большим затруднениям в системе управления БПЛА, а иногда – и к неуправляемости и к разносу всего двигателя. Твёрдый углеродистый осадок начинает образовываться при температуре стенок форсунки более 373К. В докладе на основе экспериментальных исследований проведён полный анализ существующих и перспективных способов борьбы с осадкообразованием в двигателях БПЛА на жидких УВГ и УВО. Существующие способы являются малоэффективными.

К перспективным способам борьбы с осадкообразованием можно отнести:

1. Способы по предотвращению углеродистого осадка: конструктивное размещение нагреваемых деталей (например, топливных форсуночных фильтров) в зону с наименьшими нагревами (до 373К); конструктивное создание наружного дополнительного охлаждения корпуса форсунки (без электростатических полей, с полями); применение электростатических полей (для борьбы с осадкообразованием, для интенсификации теплоотдачи к жидким УВГ и УВО);

9. Способы по ограничению роста углеродистого осадка: конструктивное создание оребрённой поверхности в виде конусных искусственных интенсификаторов теплоотдачи (для ограничения роста твёрдого углеродистого осадка); применение электростатических полей;

10. Способы по удалению углеродистого осадка: конструктивное размещение осевой соосной рабочей иглы (для контроля за степенью закоксованности выходного канала распылителя форсунки, для удаления осадка); конструктивное создание заменяемых деталей в кассетах (распылителей, фильтров);

Разработана методика учёта особенностей тепловых процессов в жидких УВГ и УВО и способов борьбы с негативными процессами - при проектировании, создании и эксплуатации различных двигателей для БПЛА повышенных характеристик по надёжности, ресурсу, неуязвимости и выживаемости. Доклад сопровождается новыми запатентованными конструктивными схемами форсунок для ГТД и U-образных двигателей пульсирующего горения БПЛА многоразового использования.

Параметрическое исследование шума воздушного винта

Мошков П.А.
АО «ГСС»
p_moshkov@scac.ru

Проблема оценки влияния основных параметров на шум воздушного винта стала особенно актуальна в последнее время в связи с широким использованием малоразмерных дронов с винтовыми движителями для решения задач специального назначения. Одним из важных показателей живучести современного беспилотного летательного аппарата является степень его заметности в различных диапазонах длин волн. Для малоразмерных винтовых беспилотников параметр акустической заметности является одним из наиболее важных. В этой связи представляет интерес исследование влияния основных параметров воздушного винта на его акустические характеристики с целью выдачи рекомендаций по созданию современных малошумных воздушных винтов для БПЛА.

В рамках данной работы рассмотрены основные параметры, влияющие на шум винта по результатам исследований, выполненных автором, а также аналитического обзора доступных публикаций. Основным критерием оценки влияния различных параметров является условие постоянства тяги на номинальном режиме работы.

1. Увеличение числа лопастей приводит к существенному снижению гармонического шума от аэродинамической нагрузки, при этом шум вытеснения увеличивается незначительно. Следует помнить, что увеличение числа лопастей приводит к смещению в сторону более высоких частот компонент тональных составляющих и поэтому при оценке шума и заметности в единицах дБА можно не достигнуть существенного эффекта.

11. Уменьшение диаметра винта при незначительном увеличении шага для сохранения условия постоянства тяги. Установлено, что уменьшение диаметра винта на 3-5% приводит к снижению уровня звуковой мощности винта на ~1,5 дБ.

12. Аэроакустическая оптимизация формы лопасти. Как правило, при аэроакустической оптимизации формы лопасти целевой функцией оптимизации является КПД воздушного винта на крейсерском режиме работы. Управляющими параметрами оптимизации являются - угол установки лопасти и основные безразмерные геометрические параметры, а ограничениями являются тяга и уровень шума. При этом оптимизированный воздушный винт должен быть менее шумным по сравнению с базовым. Отметим, что возможности аэроакустической оптимизации зарубежные авторы ограничивают величиной 3 дБ, а за счет изменения только стреловидности 2 дБА.

13. В результате экспериментального исследования было установлено, что на механизмы генерации шума воздушным винтом существенную роль оказывают степень и масштаб турбулентности набегающего потока, что особенно актуально для толкающих воздушных винтов, а также любых БПЛА совершающих полеты на относительно низких высотах (до 500 метров). В частности для толкающих воздушных винтов было установлено, что различные способы воздействия на турбулентный след за расположенными перед винтом элементами планера приводят к снижению шума взаимодействия «лопасть - турбулентный след» («blade-wake» interaction noise).

14. Экранирование акустического излучения винтового движителя элементами планера. Последние зарубежные исследования свидетельствуют о возможностях снижения шума воздушных винтов в условиях реальных компоновок за счет экранирования до уровня ниже уровня шума изолированных винтов.

Отметим, что представленные результаты получены при исследованиях шума воздушных винтов, работающих на режиме автомодельности, т.е. при числах Рейнольдса существенно выше 10^6. Представляет интерес выполнение аналогичных параметрических исследований винтов, работающих при низких числах Рейнольдса.

Нормирование программирования управляющих программ для станков ЧПУ с учетом технологичности деталей

Новиченко О.В.
Научный руководитель – доцент, канд.техн.наук Вольсков Д.Г.
УлГТУ ИАТУ
vdg591@rambler.ru

Технологичность деталей с точки зрения их обработки на станках с ЧПУ приходится оценивать с двух позиций: в первом случае берется во внимание все то, что связано собственно с обработкой; во втором – все то, что вытекает из задач программирования.

В принципе можно представить такую деталь, сама обработка которой может быть осуществлена и точно, и высокопроизводительно, и недорого на станке с той или иной системой ЧПУ, но в то же время подготовка программы для ее обработки сопряжена с большими трудностями и сложными расчетами, а следовательно, будет несообразно дорогой.

В первом аспекте технологичными деталями следует считать такие, формы и размеры которых отвечают условиям выполнения обработки в непрерывном автоматическом процессе. Могут быть допущены как отклонения, короткие перерывы, несвязанные с выполнением ручных приемов управления обработкой.

Во втором аспекте наиболее приемлемыми являются детали, обрабатываемые поверхности которых образуются кривыми линиями, представляющими собой сочетание прямых с дугами окружностей одинаковых диаметров. Здесь в сравнение берутся только детали для контурной обработки как наиболее сложной.

Криволинейные контуры не должны иметь резких острых переходов от одного участка профиля к другому. Переходы должны иметь радиусы и при этом надо стремиться, чтобы все радиусы переходов по всему контуру детали были одного размера.

Если весь контур или места радиусных переходов допускают относительно большие отклонения от номинальных размеров в корпусных деталях чертежа (несколько десятых долей миллиметра и более), они образовываются без обхода фрезы по эквидистанте, т. е. без аппроксимирования этого участка кривой, а за счет копирования радиуса инструмента. При проектировании детали это следует учитывать и назначать радиусы, соответствующие диаметрам стандартных фрез.

В тех случаях, когда участки с криволинейными поверхностями, имеют высокие точности, они должны выполняться методом обхода, но инструментами таких диаметров, которые обеспечивают их жесткость при данных условиях обработки (материал детали, ширина фрезерования, величина припуска). Это обязывает назначать их радиусы таких размеров, которые позволяли бы применить инструмент необходимого диаметра.

Характер контура, образующего фасонную поверхность, сильно влияет на объем программирования, увеличивает и усложняет расчеты, связанные с определением координат точек, лежащих на траектории инструмента.

Графическое и аналитическое определение координат точек облегчается, если кривая линия пути инструмента, на которой находятся точки, составлена из участков, каждый из которых принадлежит какой-либо правильной геометрической фигуре или прямой линии (дуге окружности, эллипсу, параболе и т. п.). В этих случаях по исходным параметрам каждого из них (они должны быть, указаны в чертеже) по соответствующим уравнениям аналитической геометрии можно произвести относительно простой расчет.

В формуле не учитывается расчет предыскажение траектории, задаваемой программой. Если же учитывать предыскажение то время на разработку, расчет и внедрение управляющих программ для станков с ЧПУ увеличивается в среднем на 20 % по сравнению с общим временем.

Исследование коллективных эффектов взаимодействия реагирующих диффузионных микрофакельных струй

Носков Д.А.
Научный руководитель – д.т.н. Гурьянов А.И.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. ОиТФ
Dima6233@yandex.ru

Анализ развития газотурбинной техники показывает, что горелочные модули предварительного смешения ограничены степенью повышения давления $\pi_к = 40 - 45$, ввиду высокой вероятности проскока пламени в зону смешения. Перспектива развития газотурбинной техники связана с возвратом к диффузионной схеме горения, работающей по схеме бедного горения до величин $\pi_к > 45$, $T_г > 1800$. Это становится возможным за счёт применения концепции микрофакельного горения системы струй с временем пребывания во фронте пламени $t < 1$ мс.

Результаты численного моделирования показали, что горение уединенной диффузионной струи адекватно описывается моделью одиночной затопленной струи на различных числах Re. Отклонение от результатов аналитического расчёта по теории затопленной струи по величине скорости течения не превышает 5%.

Результаты моделирования трёх струй показали, что на участке L/d<0,33 калибра коллективные эффекты не проявляются. Струи между собой не взаимодействуют. В диапазоне L/d от 2 калибров начинают проявляться коллективные эффекты. Это приводит к искажению эпюр скорости на 15% и выше.

В диапазоне L/d от 5 до 7 калибров коллективные эффекты проявляются наиболее явно. При этом стационарная постановка задачи не позволяет оценить тонкие эффекты их взаимодействия и протекающие нестационарные процессы.

Результаты эксперимента показали, что одиночная струя, а также система струй хорошо описывается классической зависимостью теории горения L/d от Re в зоне Re=2000-8000 и L/d=6-48. Величина относительного диаметра $\bar{d}$ при окислительно-восстановительной реакции для системы микрофакельных диффузионных струй максимально составила 5,67 при Re=7600…8100, что в 1,5 раза больше по сравнению с уединенной струей.

Количественно одиночная струя и любая струя из системы струй имеют различия до 30% во всех сравниваемых параметрах, а струи находящиеся в системе имеют различия в значениях по всем параметрам не более 3%, что подтверждает наличие коллективных эффектов.

Определение геометрических характеристик и аэродинамической эффективности элементов каскада турбин ТРДД на ранних стадиях проектирования

Осокина Е.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Вятков В.В.
РГАТУ имени П.А. Соловьёва, каф. АД
ad@rsatu.ru

Каскад турбин современного ТРДД состоит из турбины высокого давления (ТВД), межтурбинного переходного канала (МПК) и турбины низкого давления (ТНД). Одной из основных проблем газовых турбин ТРДД является обеспечение аэродинамической эффективности лопаточных венцов. Изменившийся конструктивный облик ТРДД (наличие МПК) требует создания новых и уточнения старых методов проектирования элементов каскада турбин. Необходимо уточнение методик оценки потерь в лопаточных венцах и разработка рекомендаций для назначения геометрических параметров каскада турбин на ранней стадии проектирования ТРДД для уменьшения ошибок в проектных расчетах и сокращения сроков и стоимости доводочных работ.

Проведён анализ конструктивных схем двигателей 4-5 поколений с точки зрения геометрии проточной части и реализации конструктивных мероприятий по снижению потерь в лопаточных венцах.

На начальных стадиях проектирования каскада турбин ТРДД необходимо назначать уровень потерь в лопаточных венцах. Усложнение геометрии проточной части отразилось на уровне потерь в лопаточных венцах, т. е. методы оценки потерь в проточной части ТВД, МПК и ТНД ТРДД, применяемые в настоящее время, требуют уточнения. Ошибки в назначении коэффициентов потерь на начальной стадии проектирования приводят к увеличению сроков и стоимости доводочных работ, что абсолютно неприемлемо в современных экономических условиях.

По результатам сделаны следующие выводы:

1. В связи с появлением дополнительных аэродинамических проблем в проточной части для элементов каскада турбин перспективных ТРДД требуется уточнение методик оценки аэродинамических и геометрических характеристик. Проблемы связаны с вторичными течениями в ТВД и МПК; отрывном характером течении в МПК; диагональностью проточной части ТНД; работой последних ступеней ТНД при низких числах Рейнольдса.

2. Определяющим параметром, характеризующим конструктивное исполнение и геометрические характеристики каскада турбин современных ТРДД, является степень двухконтурности.

3. Угол диагональности проточной части ТНД на первых ступенях – не более 30°.

4. Для оценки геометрических характеристик МПК и ТНД на этапах эскизного проектирования турбины можно рекомендовать универсальные зависимости, основанные на анализе выполненных конструкций.

5. Для различных лопаточных венцов ТНД перспективных ТРДД необходимо использовать различные принципы оценки потерь кинетической энергии:

а) для соплового аппарата первой ступени потери можно определять на основании численного моделирования течения в системе сопловой аппарат – МПК с введением поправочного коэффициента;

б) потери в диагональных лопаточных венцах определяются с учетом дополнительных потерь поправкой на диагональность проточной части;

в) потери в последних ступенях ТНД оцениваются с поправкой на число Рейнольдса.

Оценка массы турбореактивных двухконтурных двигателей на этапе концептуального проектирования в широком диапазоне размеров

Остапюк Я.А., Филинов Е.П.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Кузьмичёв В.С.
Самарский университет, каф. ТДЛА
oya92@mail.ru

Оценка массы авиационного газотурбинного двигателя (ГТД) необходима на всех этапах его проектирования. В частности, на этапе концептуального проектирования оценка массы позволяет более обоснованно подойти к выбору типа и компоновочной схемы двигателя для дальнейшей ее разработки. Однако, этап концептуального проектирования характеризуется неопределенностью исходных данных, что, во-первых, не позволяет достигнуть высокой точности оценки массы, а во-вторых, накладывает ограничения на используемые модели оценки (отсутствие большого количества известных параметров). Таким образом, оценка массы ГТД является таким же многоэтапной задачей, как и процесс проектирования ГТД в целом. Из-за неопределенности исходных данных на этапе концептуального проектирования создать «физичную» модель оценки массы не представляется возможным, поэтому все созданные модели являются статистическими. Конечно, существуют более точные модели поэлементной оценки массы ГТД, но их применение на данном этапе вызывает объективные трудности.

Цель работы заключалась в поиске такой модели массы, которая при минимальном наборе входных параметров имела бы наивысшую точность.

В данной работе были исследованы модели оценки массы турбореактивных двухконтурных двигателей (ТРДД), поскольку этот тип ГТД наиболее распространен. Были рассмотрены модели следующих авторов: Torenbeek ($M_{\text{дв}} = f(m, \pi_{\text{к}\Sigma}, G_{\text{в}}, P_{\text{взл}})$),

Raymer ($M_{\text{дв}} = f(m, P_{\text{взл}})$), Jenkinson ($M_{\text{дв}} = f(m, P_{\text{взл}})$), Svoboda ($M_{\text{дв}} = f(P_{\text{взл}})$), Clavier ($M_{\text{дв}} = f(m, \pi_{\text{к}\Sigma}, G_{\text{в}})$), Guha ($M_{\text{дв}} = f(D_{\text{в}})$) и Byerley ($M_{\text{дв}} = f(m, \pi_{\text{к}\Sigma}, D_{\text{в}})$), а также модель, разработанная в Самарском университете ($M_{\text{дв}} = f(m, \pi_{\text{к}\Sigma}, \pi_{\text{в}}, \eta_{\text{в}}, T^*_{\text{г.взл}}, G_{\text{в}}, P_{\text{взл}})$).

Кратко модель массы Самарского университета для ТРДД без смешения потоков можно записать следующим образом:

$M_{\text{ДВ}} = \left(M_{\text{I}} + M_{\text{II}}\right)$, здесь $M_{\text{I}} = B\left(G_{\text{в I пр.вен}}\right)^{m_1}\left[\left(\frac{\pi_{\text{к}\Sigma}}{\pi_{\text{в}}}\right)^{0,286} - 1\right]^{m_2} k_{T^*_{\text{г}}}$ – масса газогенератора внутреннего контура двигателя (без вентилятора и турбины вентилятора);

$M_{\text{II}} = 2,865\, G_{\text{в}\Sigma\text{взл}}^{0,903}\, m^{0,104}\, \pi_{\text{в}}^{1,193}$ – масса турбовентилятора и обечайки наружного контура.

Для анализа были выбраны 10 двигателей в диапазоне степени двухконтурности от 4,4 до 11 различных зарубежных (General Electric, Pratt & Whitney, Rolls-Royce и др.) и отечественных (ОАО «Авиадвигатель», НПО «Сатурн и др.) производителей. При подборе одним из важных ограничивающих критериев был возраст двигателя – не старше 20 лет, а также максимальный охват двигателестроительных организаций.

При сравнении моделей определялось отклонение значения массы, полученной по каждой модели, от реальных значений. Отдельные погрешности по каждому двигателю складывались и делались выводы по средней погрешности всей модели. По различным источникам приемлемая погрешность при оценке массы ГТД считается ± 10%.

Анализ результатов показал, что в диапазон среднего отклонения ±10% уложилась только модель Самарского университета (8%). В диапазон ±20% попали модели Torenbeeka (18%), Byerley (19%) и Claviera (20%), остальные модели имели погрешность 22 - 27 %.

Высокую точность модели Самарского университета можно объяснить большим количеством входных параметров и использованием коэффициентов, учитывающих ресурс двигателя и год выпуска. В будущем планируется сократить количество входных параметров, сохранив при этом высокую точность.

Способ оптимизации работы топливной системы воздушного судна

Приказчиков Е.А.
Научный руководитель – профессор РАЕ, доцент, к.п.н Самохина С.С.
УИ ГА им. Б.П.Бугаева
jendos.97@mail.ru

В работе представлен проект контрольно-регулирующего устройства (КРУ) для оптимизации работы топливной системы воздушного судна. Назначение - контроль режимов движения топлива и параметров работы элементов топливной системы и их регулировании

Согласно отчетов международной организации гражданской авиации ICAO за 2015 и 2016 год было большое количество авиационных происшествий, связанных с отказом работы двигателей. Анализ некоторых происшествий показал, что причина возникновения отказа двигателей – нарушения работы элементов топливной системы, обусловленные их некорректной работой в условиях формирования нестационарных течений в топливопроводной магистрали.

Формирование нестационарных течений связано с увеличением величины продольных ускорений, которое происходит во время выполнения таких этапов полета как взлет, посадка, разворот, крен, попадание воздушного судна в зону турбулентности. Эксплуатация воздушного судна в режиме формирования нестационарных течений может приводить к режиму переизбытка или недостатка топлива в камере сгорания. Это, в совокупности с неэффективностью работы системы управления двигателем и может привести к отказу двигателя или его возгоранию (в режиме переизбытка топлива).

Существующие методы контроля работы топливной системы не позволяют регистрировать условия возникновения нестационарных течений, поэтому в случае их

формирования система переводит двигатель в аварийный режим или просто его отключает.

Недостатки конструкции имеющихся в настоящее время стандартных систем контроля параметров работы топливной системы:

– сигнал на регулирование давления подачи топлива поступает с большой задержкой только после сгорания топлива;

– на самолетах с двумя и более двигателями в случае неправильной работы топливной системы одного из двигателей возникают крутящие моменты, обусловленные разностью режимов работы левого и правого двигателей.

Предлагаемое устройство (КРУ) позволяет осуществлять непрерывноесчитывание разности давлений в топливопроводной магистрали между выходом из бака и входом в камеру сгорания, позволяющее контролировать нестационарные течение. Если разность давлений в топливопроводной магистрали оказывается больше установленного в РЛЭ данного самолета значения, КРУ с помощью электронной системы управления двигателем (ЭСУТН) автоматически регулирует давления до оптимального значения.

КРУ позволит осуществлять контроль параметров движения топлива в процессе его сгорания, что обеспечит более быстрое получение сигнала на регулировку давления топлива. Особенность КРУ на самолетах с двумя двигателями -возможность получать информацию о параметрах движения топлива и их значениях от левого и правого двигателя на центральный блок электронной системы управления (ЦБЭСУ) работой КРУ и сравнивать со значениями системы управления двигателем FADEC. При возникновении рассогласования между мощностными характеристиками двигателей ЦБЭСУ подает сигнал на датчик на руле направления для компенсации разворачиваемости самолета и повторно передает сигнал на датчик угла поворота после согласования значений.

Таким образом, КРУ позволяет автономно производить контроль параметров работы топливной системы воздушного судна и приводит к оптимизации работы двигателя на всех этапах полета и в любых условиях.

Анализ теплогидравлических характеристик пластинчато-ребристых интенсификаторов теплообмена

Ремчуков С.С.
Научный руководитель – профессор, к.т.н., Ярославцев Н.Л.
МАИ, каф. ТППДЛА
remchukov.sviatoslav@yandex.ru

Снижение уровня температуры и степени ее неравномерности по поверхности теплообменника достигается местной интенсификацией теплообмена в зонах с пониженным хладоресурсом воздуха и повышенной внешней тепловой нагрузкой. Улучшение интенсивности теплоотдачи к воздуху при постановке штырьков, полуребер, ребер, определяется не только увеличением теплообменной поверхности внутренней полости теплообменника, но и дополнительной турбулизацией потока.

Исследования, проведенные в работах по данной тематике показывают, что наиболее доступным и эффективным методом управляемого воздействия на структуру турбулентного потока является создание в нем отрывных зон или других организованных вихревых структур.

В настоящее время широкое распространение в теплообменниках получили пластинчато-ребристые поверхности, которые с определенными доработками, могут быть использованы в качестве интенсификаторов теплообмена в охлаждаемых турбинных лопатках.

На основании анализа характеристик пластинчато-ребристых поверхностей можно сделать вывод, что теплообменные матрицы типа «набивки Френкеля» обладают одной из наилучших тепловых характеристик. Однако, в силу своего конструктивного оформления, ей свойственны большие значения коэффициента гидравлического сопротивления. Подобные поверхности теплообмена находят широкое применение в различных областях техники, благодаря ряду свойственных им особенностей. Особенностью работы

пластинчато-ребристых поверхностей типа «набивки Френкеля» является сложность структуры теплового и аэродинамического потоков.

Основным фактором, определяющим интенсивность теплоотдачи при данном типе поверхности, является угол Ψ. При увеличении угла от 0 до 96° коэффициент теплоотдачи α возрастает в 3,8 ÷ 4,2 раза, а коэффициент гидравлического сопротивления ξ в 11 ÷ 18 раз.

На основании анализа результатов исследований поверхностей типа «набивки Френкеля», проведенных в работах по данной тематике, в диапазоне чисел Re = 200 ÷ 4000 можно сделать следующие выводы:

– с увеличением угла скрещивания Ψ каналов на смежных пластинах наблюдается увеличение интенсивности теплоотдачи; наиболее заметна эта тенденция начинает проявляться в области чисел Re > 500;

– изменение таких конструктивных параметров теплообменной матрицы, как относительная длина канала $L/d_э$, ширина фронтальной поверхности B/L, эквивалентный диаметр $d_э$ приводит к незначительному изменению протекания теплообменных и гидравлических характеристик, где L и B – длина и ширина «набивки Френкеля».

– с увеличением относительной глубины гофров h'/t' (где: h' и t' – высота и шаг гофров в «набивках Френкеля»), при равенстве других конструктивных параметров матрицы, наблюдается уменьшение интенсивности теплообмена;

– оптимальными значениями конструктивных параметров данного интенсификатора теплообмена, при которых обеспечиваются лучшие тепловые характеристики, в исследованном диапазоне чисел Re можно считать следующие: угол скрещивания Ψ = 35 ÷ 50°, относительная глубина гофров h'/t' = 0,56 ÷ 0,63, шаг каналов t' = = 2,3 ÷ 2,8 мм, эквивалентный диаметр каналов $d_э$ = 1,5 ÷ 2 мм.

Опыт эксплуатации и модернизации испытательных стендов ГТД

Рыбко К.С.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Хопин П.Н.
МАИ, каф. ТППДЛА
pililll@mail.ru

Целью работы является описание современной испытательной станции в части опыта ее эксплуатации, а также технологического оборудования, стендовых систем и автоматических систем отладки и регулирования двигателя.

Рассматриваемая в данной работе испытательная станция ГТД АИ-222-25 представляет собой модернизированные существующие испытательные стенды для изделия АЛ-31Ф/ФН путем расширения технологических и технических возможностей существующего стендового оборудования и систем.

В работе представлена практика по переоборудованию испытательного стенда для возможности проведения серийных испытаний (ПИ – приемных испытаний или сдаточных, ПСИ – приемо-сдаточных испытаний или контрольных, ДИ – длительных испытаний), опытных испытаний (доводочных, длительных технологических испытаний, государственных испытаний), а также научно исследовательских испытаний нового двигателя. Обеспечение выполнения необходимого объема задач в каждом виде испытаний определяется возможностями испытательной станции.

Переоборудование испытательного стенда позволяет использовать одно и то же оборудование для испытания нескольких типов двигателей, с разными техническими характеристиками, обладающих разной тягой, расходом топлива, расходом воздуха, температурой газа реактивной струи, температурой рабочих сред, загрузочными агрегатами и т.д.

Современный испытательный стенд содержит полный комплекс технологического оборудования, включающий системы управления: САУ (система автоматического управления), КАИИС (комплексная автоматизированная информационно-измерительная система), САС (система аварийной сигнализации), система отсечки топлива при помпаже двигателя, система отбора воздуха на нужды изделия и прочие системы.

В первую очередь проведен анализ существующего оборудования и определены следующие требования, предъявляемые к модернизации испытательного стенда: максимальное использование существующего оборудования и систем, возможность сравнительно простой модернизации, обеспечение всех необходимых параметров испытания нового двигателя, автоматизация проведения испытания, быстрота переоборудования стенда для испытаний другого типа двигателей.

Основными направлениями модернизации испытательного стенда являются следующие конструктивно-технологические доработки стендового оборудования и систем: проектирование и изготовление новой подмоторной рамы; проектирование и изготовление входного мерного устройства, выхлопного устройства; разработка и создание стендовой системы воздушного запуска двигателя; модернизирование топливной системы для измерения расхода и топливопитания двигателя; создание системы отбора воздуха; усовершенствование комплексной автоматизированной информационно-измерительной системы (КАИИС); модернизирование системы загрузки самолетных агрегатов.

Результатом проведенной работы является анализ необходимых мероприятий для возможности проведения испытаний нового изделия на предприятии путем модернизации действующих испытательных стендов, что является более экономичным решением по сравнению с созданием новой специальной испытательной станции.

Исследование влияния модифицированных моторных масел на различные авиационные двигатели

Самсонов И.К., Карабут В.В., Афанасьева Н.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Дудник В.В.
ДГТУ, каф. МСиИ
hazar7073@yandex.ru

В настоящее время оптимизация расхода топлива является сложной задачей, но в то же время имеет важное значение для отрасли авиации. Вес в авиации имеет важное значение, поэтому уменьшение веса без уменьшения дальности и времени полёта является первостепенной задачей.

Для испытаний эффективности использовались двигатели: АШ-62ИР воздушного охлаждения, Rotax 618 жидкостного охлаждения, конверсионный двигатель Subaru EJ-25. Тесты проводились в наземных условиях.

В ходе проведения экспериментов оценивалось влияние модификации масла на расход топлива двигателя на идентичных режимах и время в течение которого присадки начнут оказывать влияние на характеристики мотора. Кроме того, оценивалось изменение амплитудно-частотных характеристик уровня звукового давления в высокой и низкой частях спектра звуковых колебаний.

Эксперименты показали, что за время наработки двигателя летательного аппарата с модифицированным моторным маслом, средняя величина снижения уровня звукового давления составила на разных режимах работы от 0,375% на режиме 1700/620 до 1,477 % на режиме 1500/520. Снижение уровня шума, таким образом, не позволяет считать его достоверным, поскольку не превышает уровень допустимой ошибки измерений.

Таким образом, применение присадок Комол на четырехтактных двигателях внутреннего сгорания воздушного охлаждения приводит к кратковременному резкому снижению расхода топлива и улучшению характеристик мотора. Однако устойчивость присадок в условиях работы двигателя с высокими температурами, свойственными двигателям воздушного охлаждения незначительная. Так через 30 минут после внесения присадок снижение расхода топлива составило от 12 до 20%. К 60ой минуте снижение расхода уже составило 3-12%. К 80й минуте снижение расхода топлива составило всего 1-7%. Обнаружено снижение расхода масла.

Применение модифирующей присадки на двухтактном авиационном двигателе внутреннего сгорания жидкостного охлаждения показал рост мощности и крутящего

момента на валу. В частности частота вращения увеличилась с 6210 до 6330 об/мин. Мощность на взлетном режиме выросла на 5,46%.

Результаты свидетельствуют том, что присадки могут оказать существенное влияние на характеристики мотора, однако необходимо повысить устойчивость присадок к работе в двигателях воздушного охлаждения.

Исследование влияния технологических условий обработки на напряжённо-деформированное состояние маложесткого осевого инструмента

Соколова В.Е.
Научный руководитель – к.т.н. Болотеин А.Н.
РГАТУ им. П.А. Соловьева, каф. ТАДиОМ
sokolova_ve@inbox.ru

В современном производстве, особенно в машиностроении и авиадвигателестроении, с каждым годом появляется всё больше изделий, состоящих из деталей сложной геометрии, сложной пространственной формы. Многие из таких деталей часто являются нетехнологичными с точки зрения обработки, а при их изготовлении возникают сложности, связанные с затруднённым доступом к отдельным элементам или поверхностям, что требует широкого применения расточных резцов, фрез, метчиков и другого осевого режущего инструмента специальной конструкции.

Особенностями таких инструментов являются: сложная геометрия, небольшие размеры в поперечном сечении, большая длина рабочей части, наличие конструктивных концентраторов напряжений. Всё это снижает жёсткость инструмента и может привести к возникновению сильных деформаций в процессе обработки под действием сил и моментов резания, в результате которых появляются погрешности обработки.

Ситуация усложняется тем, что многие детали подобного типа изготавливают из труднообрабатываемых материалов, поэтому силы и моменты резания могут быть достаточно большими. Поэтому, при неправильном назначении технологических условий обработки, возможна поломка режущего инструмента.

Проблем можно избежать, если при назначении режимов резания учитывать конструктивные особенности такого инструмента, прогнозировать его деформацию и возможные поломки. В настоящее время подобные методики назначения режимов резания отсутствуют или имеют существенные ограничения по применению.

Для решения задачи предлагается методика твердотельного компьютерного моделирования маложестких режущих инструментов и расчета их напряженно-деформированного состояния в процессе резания с использованием метода конечных элементов. Достоинством такого подхода является учет таких параметров, как геометрия инструмента, особенности взаимного расположения обрабатываемых поверхностей, физико-механические характеристики обрабатываемого и инструментального материала, условия отвода стружки и др.

С использование этой методики можно получить адекватную модель напряженно-деформированного состояния, приближенную к реальной, для любых режущих инструментов, в том числе самой сложной геометрии, изготовленных из различных инструментальных материалов.

На основе полученной модели будут выполнены исследования влияния технологических условий обработки на стойкость и прочность инструмента. На основе результатов исследования будут сформированы расчётные зависимости для нахождения допускаемых величин сил и моментов резания, а также зависимости для определения или корректировки режимов резания для конкретных технологических условий обработки деталей.

Таким образом, с использованием предложенной методики можно проверить назначенные режимы резания, определить допускаемые нагрузки, воздействующие на режущий инструмент, а также назначить такие режимы, которые бы предотвращали чрезмерную деформацию инструмента и его поломку.

Металлические порошки жаропрочных сплавов на основе никеля для аддитивных технологий в авиационной промышленности

Татаренко О.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Федорова Л.В.
МАИ, каф. МиТОМ
olya.tatarenko94@gmail.com

Одним из высокоперспективных путей развития высокотехнологичных отраслей (секторов) экономики является разработка цифровых и аддитивных технологий, которые позволяют выпускать сложные детали высокого качества с наименьшими затратами, а также детали, которые невозможно изготовить с помощью механической обработки, литья и т. д.

Аддитивные технологии подразумевают осуществление полного жизненного цикла материала (с использованием IT технологий): создание материала, эксплуатация в конструкции, а также диагностика, ремонт, продление ресурса и утилизация.

К аддитивным технологиям, имеющим наибольшие перспективы в авиационной отрасли, относятся селективное лазерное сплавление (СЛС) металлических порошков и лазерная газопорошковая наплавка металлических порошков.

Технологии 3D-печати в Российской промышленности применяются ограниченно. Можно интенсифицировать использование аддитивных технологий в отечественном производстве путем улучшения качества отечественного исходного сырья.

В качестве исходного сырья используются мелкодисперсные металлические порошки жаропрочных сплавов на основе никеля (МПЖСН). При этом к порошкам для аддитивных технологий предъявляется ряд определенных требований. В первую очередь, это обеспечение сферичности, строго определенного гранулометрического состава с высоким выходом годного, высокой химической однородности, пониженного содержания газовых примесей - кислорода и азота.

Существуют разнообразные способы получения металлических порошков. Их условно делят на физико-химические и механические. К физико-химическим относят способы, связанные с физико-химическими превращениями исходного сырья, при этом химический состав и структура конечного продукта существенно отличаются от исходного материала. Механические способы обеспечивают производство порошка без существенного изменения химического состава сырья. К механическим способам относятся различные виды размола в мельницах, а также диспергирование расплавов посредством струи газа или жидкости (атомизация).

Около 95% всех металлических порошков, применяемых в аддитивном производстве, получают методами диспергирования расплава. К основным технологиям получения порошков для установок послойного синтеза относятся :

- газовая атомизация;
- центробежная атомизация.

Для решения поставленной проблемы предлагается использовать комплексный подход, содержащий проведение исследований влияния технологических параметров процесса атомизации и физических свойств расплавов на качество получаемого порошка, в частности будут проведены исследования влияния параметров процесса распыления на химическую однородность получаемых МПЖСН, содержания вредных газовых примесей (кислорода и азота). На основании полученных результатов будет разработана технология получения МПЖСН.

Расширение штатных процедур вибромониторинга и доработка узла крепления силовой установки легкого вертолета

Трухтанов А.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Чичков Б.А.
МГТУ ГА, каф. ДЛА
smex0@yandex.ru

Силовая установка летательного аппарата в процессе эксплуатации требует постоянного мониторинга в рамках обеспечения надежности и безопасности полетов.

Важная роль в проблеме обеспечения надёжности принадлежит методам контроля технического состояния, которые дают возможность обнаруживать неисправности элементов на ранних стадиях их развития. Применение этих методов позволяет своевременно выполнять работы по предотвращению отказов двигателя и обеспечивает наиболее полное использование заложенных в его конструкцию ресурсных возможностей. Основной задачей системы контроля технического состояния является контроль и регистрация параметров двигателя в процессе его работы.

Эффективность мониторинга зависит от датчиков и приборов установленных на нем.

Особенностью рассматриваемой силовой установки является отсутствие штатной системы контроля и регистрации вибраций. Для периодической оценки вибросостояния применяется арендуемая аппаратура.

Поэтому, с целью повышения оперативности виброконтроля и снижения затрат на ТО, был успешно апробирован способ виброконтроля, разработанный в МГТУ ГА. Способ предполагает использование аппаратных и вычислительных возможностей современных мобильных устройств (например, смартфонов) для оценки вибрационного состояния машин. Разработаны приспособления для проведения процедур вибромониторинга и описан порядок выполнения процедур.

Установлены критические частоты вращения ротора двигателя на которых наблюдаются повышенные уровни вибраций.

Рассмотренные выше меры по совершенствованию процедур оценки вибросостояния силовой установки тесно связаны со следующей проблемой.

В ходе регламентных работ силовой установки был обнаружен частый повторяющийся дефект – износ коромысла опоры двигателя. Эта деталь является основной частью единственной опоры двигателя и непосредственно влияет на безопасность полета.

Согласно документации максимальный допуск по износу данной детали составляет 0,2мм, после чего ее необходимо заменять. В технической документации приводится карта по детальному осмотру опоры каждые 500 часов. Но в процессе эксплуатации выяснилось, что фактически износ наблюдается с 250 часов налета. Следовательно, за коромыслом нужен особый контроль и мероприятий, прописанных в руководстве по эксплуатации - недостаточно.

Представляется необходимой и конструктивная доработка узла.

С этой целью выполнена доработка узла крепления двигателя к вертолету, заключающаяся в разработке втулки, запресовываемой на коромысло опоры двигателя. Предложено установить периодичность контроля – 250 часов налета.

Разработанный метод контроля вибросостояния силовой установки, доработанный узел крепления двигателя к вертолету и предложенное изменение периодичности ТО данного узла позволят повысить надежность силовой установки вертолета.

Влияние размерности ГТД на выбор оптимальных параметров рабочего процесса и их конструктивных схем

Филинов Е.П.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Кузьмичёв В.С.
Самарский университет, каф. ТДЛА
filinov.evg@gmail.com

В данной работе выполнена оптимизация параметров линейки малоразмерных ТРД (МТРД) с тягами на взлетном режиме от 0,1 кН до 2 кН, а также даны рекомендации по выбору наиболее рациональных параметров и схем для каждого представителя линейки МТРД для самолётов-мишеней и крылатых ракет.

Особенностью разработанной авторами математической модели малоразмерного ГТД является учёт снижения КПД лопаточных машин и относительного возрастания потерь в проточной части при уменьшении размера двигателя. В этой модели учтены поправки на КПД осевого, осецентробежного и центробежного компрессоров; на коэффициент полноты сгорания топлива и потери полного давления в камере сгорания; на КПД осевой и радиально-осевой турбин. В математической модели МГТД в CAE системе АСТРА использованы зависимости, основанные на обобщении экспериментальных данных, полученных в работах Ю.И. Тулупова, В.Т. Митрохина, А.И. Шерстюка, А.Е. Зарянкина, О.И. Емина, Б.Ш. Ланды и др.

Оптимизация параметров проведена в многокритериальной постановке с учетом функциональных ограничений, в качестве критериев выбраны удельный расход топлива на крейсерском режиме и суммарная масса силовой установки и топлива, потребного для полета ЛА на заданную дальность.

В качестве представителей множества линейки МТРД выбраны двигатели с тягой на взлетном (расчетном режиме) Рвзл = 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,4; 1,8; 2,0 кН.

Расчеты проводились в CAE-системе «АСТРА», разработанной на кафедре теории двигателей Самарского университета.

В ходе оптимизации были построены локально-оптимальные области, соответствующие отклонениям критериев оптимизации от своих оптимумов (в данном случае минимумов) на 2% для каждой целевой функции. В каждой итерации учитывались следующие ограничения: на величины высот лопаток на выходе из компрессора (Нрк.к), на входе в турбину (Нрк.т), окружной скорости на периферии рабочего колеса компрессора (Uк), степени понижения давления в турбине (П*{т}), температуры газа перед турбиной. (Т*г). Подобным образом проводилось построение локально-оптимальных областей для всего диапазона тяг.

В результате проведенных исследований сделаны следующие выводы:

Показано, что с уменьшение размерности двигателя области оптимальных парметров рабочего процесса существенно сужаются. При этом оптимальная степень повышения давления уменьшается в 3...4 раза, а температура газа перед турбиной на 10...15% при уменьшении тяги двигателя от 2 до 0,1 кН.

Показано, что для выбранных из обасти компромиссов параметров рабочего процесса для МТРД с тягами от 0,1 до 0,6 кН наиболее целесообразно применение цетробежного компрессора и радиально-осевой турбины в турбокомпрессоре, для МТРД с тягами от 0,8 до 1 кН – цетробежного компрессора и осевой турбины, для МТРД с тягами от 1,4 до 2,0 кН – осецентробежного компрессора и осевой рубины.

Полученные рузультаты могут быть использованы в качестве основы дальнейшего проектирования линейки малоразмерных ТРД для беспилотных летательных аппаратов.

Совершенствование высоконагруженной ступени газовой турбины путем оптимизации торцевых поверхностей лопаточных венцов

Харченко Р.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Вятков В.В.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. АД
sciencebox857@mail.ru

По мере совершенствования авиационных газотурбинных двигателей возможности повышения коэффициента полезного действия (КПД) турбин уменьшились. Увеличение параметров рабочего процесса привело даже к некоторому снижению КПД за счет уменьшения размеров проточной части и усложнения системы охлаждения. Поэтому проблема газодинамического совершенствования турбин остается актуальной.

Использовать для увеличения КПД длительную экспериментальную доводку проточной части в современных экономических условиях не представляется возможным, поэтому следует обратить внимание на поиск наилучшей конструкции турбины с использованием методов оптимизации. Оптимизацией геометрии межлопаточных каналов соплового аппарата и рабочего колеса можно снизить потери кинетической энергии в лопаточных венцах и тем самым увеличить КПД турбины. Помимо профиля лопатки привлекательным является оптимизация торцевых поверхностей, форма которых определяет динамику вторичных течений в межлопаточном канале. При этом нужно оптимизировать не отдельный лопаточный венец, что уже было сделано ранее, а ступень в целом. Оптимизации следует подвергнуть три поверхности: периферию и втулку соплового аппарата, а так же втулку рабочего колеса.

Данная задача особенно актуальна для одноступенчатой высоконагруженной турбины высокого давления, которая характеризуется большими диаметральными размерами и низкой относительной высотой сопловых и рабочих лопаток. Для турбинной ступени с параметрами, характерными для ТВД ТРДД был разработан способ поиска оптимальных торцевых поверхностей с использованием методов однокритериальной оптимизации и вычислительного комплекса газовой динамики. КПД ступени в исходном варианте составил 0,9. Геометрия пера в процессе оптимизации не изменялась. Подбор оптимальной геометрии торцевых поверхностей ступени турбины осуществлялся в программном комплексе IOSO NM. Расчеты проводились с одинаковыми настройками решателя. Граничные условия идентичны для всех вариантов расчетов ступени. Результатом являлся облик торцевых поверхностей оптимизированной турбинной ступени.

Анализ сравнения результатов численного моделирования исходного варианта ступени турбины с вариантом оптимизированных торцевых поверхностей межлопаточного канала (совместно статор – ротор) ступени турбины показал прирост КПД до величины 0,904. Данное повышение КПД в современных условиях следует признать хорошим результатом, что говорит о пригодности данного способа совершенствования турбин, который позволит снизить удельный расход топлива ТРДД.

Новый метод обедненного сжигания предварительно подготовленной равномерной смеси жидкого топлива с воздухом для малоэмиссионных камер сгорания ГТД

Челебян О.Г.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Силуянова М.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
Oganes441@gmail.com

Экологические характеристики двигателей гражданской авиации являются важнейшими техническими параметрами и показателями, определяющими возможность использования на международных авиалиниях и конкурентоспособность авиационной техники. В настоящее время для организации процесса горения существует три основных подхода к схемам камер сгорания (КС). Это сжигание предварительно перемешанной испарённой бедной смеси (LPP), горение обогащенной смеси/быстрое охлаждение,

горение бедной смеси (RQL), и непосредственный впрыск бедной смеси (LDI). Выбор метода подготовки топлива зависит также от давления в камере сгорания. Для давлений в камере до 50 бар рекомендуется организация процесса быстрого смешения с помощью предварительно испарённого топлива. При повышении давления до 60 бар предлагается использовать многостадийную подачу топлива. При дальнейшем увеличении давления в камере сгорания единственным возможным методом подачи топлива в настоящее время является многоточечный впрыск его в КС. Однако такой механизм горения вызывает плохую стабилизацию пламени. Высокая степень смешения топливных капель с окислителем наряду со скоростями горения и теплопередачи в единице объема оказывает важное влияние на стабильность пламени и выброс загрязняющего вещества. Хорошее однородное смешение топлива и воздуха – прямое следствие высокодисперсного распыливания и быстрого испарения и, таким образом, следствие оптимизированного впрыска топлива.

Создание КС для следующего поколения авиационных двигателей в основном ведётся с учетом будущих требований по выбросам NOx. До сих пор только существенные усовершенствования горения богатой смеси в камерах сгорания схемы RQL позволяли избегать чрезмерного образования NOx. У горения обогащенной топливовоздушной смеси, однако, есть ограниченный потенциал, чтобы справиться с будущим законодательством по снижению эмиссионных выбросов, поэтому революционный шаг к методам сжигания обедненной горючей смеси неизбежен.

Разработанный новый форсуночный модуль малоэмиссионной камеры сгорания ГТД и новый метод подготовки равномерной смеси жидкого топлива с воздухом представляет собой пневматическое распыливание кольцевой пленки жидкости с поверхности распылителя обтекаемой с обеих сторон однонаправленным закрученным потоком воздуха и формирующим на выходе из сопла устойчивый монодисперсный аэрозоль с коэффициентом избытка воздуха $\alpha>1$. Холодные испытания форсуночного модуля на стенде лазерной диагностики методом фазодоплеровской анемометрии при условиях запуска, и с располагаемым перепадом давления воздуха 3-5% показали: высокую равномерность распределения объемной концентрации топлива в окружном сечении факела распыла; наличие на оси устройства интенсивной зоны обратных токов диаметром 20 мм; средний заутеровский диаметр капель топлива по факелу составляет от D_{32}=39мкм при перепаде воздуха ΔРв=1,5 кПа, и D_{32}=21мкм при ΔРв=20 кПа соответственно.

Результаты огневых испытаний 3-х горелочного отсека КС с разработанными фронтовыми модулями доказали работоспособность метода, в пределах устойчивого горения на режиме при Рк=0,5 МПа, Тк=680К $\alpha_{жт}$=4,5. Получено значимое снижение индекса эмиссии NOx, при изменении "альфа" смеси от 3,7 до 2,8 значение EiNOx изменяется всего в приделах от 0,68 до 3,6 г/кг т., при этом полнота сгорания топлива для всех измеренных точек $\geq$ 99%.

Повышение производительности и стойкости режущего инструмента

Щепков Д.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Фоменко Р.Н.
РГАТУ им. П.А. Соловьёва, каф. ТАДиОМ
dima_volga@mail.ru

Повышение производительности и стойкости режущего инструмента – актуальная задача производства. Широкое применение жаропрочных сталей, титановых, никелевых сплавов в авиационной и космической промышленности задают тенденцию развития режущего инструмента, износостойких покрытий, методов и способов обработки тонкостенных и корпусных деталей. Изучение химических и физических свойств материалов позволяет понять их природу и выбрать стратегию обработки от заготовки до готовой продукции.

В авиационной и космической промышленности значительную часть механической обработки деталей занимает фрезерование. Для увеличения производительности и стойкости режущего инструмента требуется комплекс мероприятий:

- Изучение свойств инструментального материала;
- Определение геометрии режущего инструмента;
- Подбор износостойкого покрытия;
- Подбор способа и средства охлаждения;
- Разработка и отладка управляющей программы;
- Назначение оптимальных режимных параметров обработки.

Развитие порошковой металлургии позволило выйти на новый уровень изготовления режущего инструмента. Материалы, полученные способом спекания ультрамелкозернистых порошков, позволяют увеличить твердость, износостойкость, производительность режущего инструмента. Большой популярностью пользуются спеченные быстрорежущие стали, твердые сплавы, керамика.

Различные виды износостойких покрытий и способы их нанесения влияют на увеличение жизненного цикла режущего инструмента. Покрытие подбирается исходя из обрабатываемого материала. Правильно подобранное покрытие уменьшает адгезию и суммарный коэффициент трения системы инструмент-деталь. Покрытие уменьшает линейный износ инструмента минимум в 1,5-3 раза по сравнению с инструментом без покрытия.

Отвод стружки и тепла из зоны резания, уменьшение наростообразования – основные задачи СОТС. При наружном подводе СОЖ под давлением поступает на поверхности инструмента и в зону резания. При внутреннем подводе СОЖ инструмент становится частью системы охлаждения. Повышение давления СОЖ позволяет увеличить подачу инструмента, а значит и производительность обработки. В качестве СОТС в некоторых случаях используется масляный туман – аэрозоль с капельно-жидкой дисперсной фазой масла и других сред.

Разработка и отладка УП включает уменьшение подачи при входе/выходе инструмента из зоны резания, проработку линейных и зигзагообразных траекторий, выравнивание толщин снимаемого припуска при обработке сложнопрофильных участков детали и радиусов.

Назначение режимов обработки, оптимальных подач и скоростей резания позволяет добиться стабильности процесса резания.

Данный комплекс мероприятий позволит максимально использовать возможности станка, увеличить производительность, стойкость инструмента, уменьшить машинное время обработки, что позволит уменьшить затраты на производство продукции.

Проблемы системы измерений при отработке ГТД

Щербакова М.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Остяков Ю.А.
МАИ, каф. ММК
ck7788@mail.ru

В сфере современного развития, как гражданского, так и военного воздушно-космического сообщения, существует необходимость создания надежных авиационных двигателей. Двигатель на стадии его разработки подвергается расчетно-экспериментальной отработке для оценки соответствия показателей работы опытного образца двигателя заданным в техническом задании. На отработку, т.е. процесс внесения доработок по результатам экспериментов в период разработки изделия, приходятся основные затраты. Доработкой называется внесение изменений в конструкцию изделия или технологию его производства, при любых отклонениях от требований ТЗ в процессе испытаний после возникновения отказа для ликвидации причины его появления.

Поскольку работа газотурбинных двигателей (ГТД) оценивается множеством параметров, то создается сложная измерительная система, которая должна отвечать всем необходимым требованиям техногенной безопасности, надежности и точности.

Критические отказы некоторых элементов системы измерений создают аварийные ситуации вплоть до потери ГТД.

Целью исследований явилось обеспечение надежности и безопасности системы измерений для контроля наземных испытаний ГТД, в связи с необходимостью повышения эффективности и надежности различных элементов конструкции ГТД.

При исследовании проводился анализ и оценка надежности и техногенной безопасности действующей системы контроля испытаний для конкретного ГТД.

В результате проведенных исследований были рассмотрены существующие проблемы системы измерений при отработке газотурбинного двигателя, такие как:

– ограниченное время испытаний;

– высокая стоимость ГТД и ограничение 1 экземпляром;

– сложная техническая система, требование контроля множества параметров, включающих в себя давление, температуру, вибрацию, частоту и др.;

– отказ некоторых датчиков, т.е. событие, приводящее к потере работоспособности связанное с разрушениями и недопустимыми деформациями конструкции и потерями точности измерений, создает аварийную ситуацию в испытательном центре;

– высокие требования по надежности и точности датчиков и приборов обработки информации.

При создании технических систем, в том числе изделий аэрокосмической отрасли, основными приоритетами являются:

– обеспечение безопасности работы изделия;

– снижение стоимости жизненного цикла изделия;

– сохранение экологии при эксплуатации, производстве, хранении и транспортировании изделия.

Системы измерений контроля испытаний двигателей должны отвечать требованиям надежности, безопасности и точности, поскольку качественная отработка двигателя является обеспечением успешного функционирования двигателя и летательного аппарата.

Расчетный анализ течения в циркуляционных зонах

Ярмаш А.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Онищик И.И.
МАИ, каф. 201
Alexyarm22@yandex.ru

В докладе рассмотрены течения в циркуляционных зонах, которые образуются в следе за уголковыми стабилизаторами и уступами. Данные течения весьма важны для организации рабочего процесса в камерах сгорания, смесителях и других технических устройствах.

Проведены расчеты с применением программного комплекса ANSYS CFX и построением двухмерных сеточных моделей в среде ICEM с блочно-структурированный сеткой. Моделировались различные течения, такие как обтекание свободным потоком V-образного тела с различной шириной полки среза; течение в канале с установленным плохообтекаемым телом при различных степенях загромождения канала; обтекание тела при постановке разделительной пластины в следе; течение за уступом.

Постановка расчетов проходила в стационарном и нестационарном режиме с использованием различных моделей турбулентности, а именно SST, SAS SST, DES и LES.

По результатам расчета определялись размеры циркуляционной зоны и зоны обратных токов. Строились поля мгновенных скоростей и графики распределения осевой скорости на различных расстояниях от среза стабилизатора. Полученные данные сравнивались с эмпирическими и полуэмпирическими данными из известных источников.

Исследование течения в канале с установленным плохообтекаемым телом показало, что при степени загромождения B/H < 0,5 (B – высота полки стабилизатора, а H

– высота канала) течение явно носит нестационарный характер, в потоке возникают вихри, которые перемещаются в поле течения, создавая периодические изменения параметров течения. Частота изменения параметров зависит от модели турбулентности. При B/H ≥ 0 – поток стабилизируется и становится стационарным. При обтекании V-образного тела свободным потоком, течение – всегда нестационарное. Однако если установить разделительную пластину в след непосредственно за телом, колебания почти полностью пропадают.

При расчете течения за уголковым стабилизатором, обтекаемым свободным потоком, было обнаружено, что в стационарной постановке задачи после определенного количества итераций, графики невязок приобретают колебательный характер и решение не сходится. Это говорит о нестационарной природе задачи и необходимости проведения соответствующего метода расчета. Кроме того, период отрыва вихрей зависит от используемой модели турбулентности.

Характеристики циркуляционных зон, такие как длина циркуляционной зоны и длина зоны обратных токов, при нестационарном течении определялись путем осреднения по времени.

Процессы смешения в циркуляционных зонах исследовались путем добавления трассирующего газа в различные точки зоны. Определялись средние объемные концентрации этого газа в потоке, что позволило оценить время пребывания смеси, которое является важнейшим критерием стабилизации горения в потоке.

Секция «Ракетные и электроракетные двигатели»

Приближенный расчет сопла сверхзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя

Бауржанулы И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.
Филиал «Восход» МАИ, каф. Б12
as.burnout@mail.ru

В настоящее время вопрос транспортного сообщения «Земля-Космос-Земля» является актуальным, т.к. высокая стоимость одноразовых ракет-носителей, жесткая привязка их к месту и времени старта являются одним из сдерживающих факторов освоения человеком околоземного пространства. Одним из вариантов решения этой задачи могло бы стать создание авиационно-космической системы. Для создания таких систем необходимы новые типы двигательных установок или комбинированные двигательные установки (комбинация высокоскоростных воздушно-реактивных и ракетных двигателей). В качестве высокоскоростного воздушно-реактивного двигателя предлагается использование прямоточных воздушно-реактивных двигателей.

Целями данной работы являются:

– проведение сравнительного анализа прямоточных воздушно-реактивных двигателей;

– расчет параметров газа по тракту сопла сверхзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя для построения профиля сопла;

– определение перспектив применения прямоточных воздушно-реактивных двигателей.

В работе произведен математический расчет сопла сверхзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя для сверхзвуковой скорости полета и высоты полета от 10 до 30 км (высота полета в 30 км является расчетным режимом работы).

Для расчета параметров сопла были заданы следующие параметры:

– радиус входного сечения сопла;
– приведенная скорость газа во входном сечении сопла;
– приведенная скорость газа в выходном сечении сопла;

– статическое давление во входном сечении сопла;
– коэффициент потерь полного давления сопла;
– температура торможения в камере сгорания;
– расход газа через сопло.

В результате расчета были составлены графики изменения параметров газа по тракту сопла: изменение температуры, давления, плотности и скорости газа по сечениям сопла; составлен график изменения тяги двигателя в зависимости от высоты полета.

Характеристики газа, полученные в результате расчета, были использованы для построения профиля сопла сверхзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя, преимуществом которого является простота, высокая надежность и низкий расход топлива. Наличие такого недостатка как отсутствие статической тяги и, как следствие, необходимость начальной скорости полета, накладывает ограничения на условия его применения - использование на легких высокоскоростных беспилотных летательных аппаратах. В перспективе возможно использование данных двигателей в составе комбинированных двигательных установок для авиационно-космических систем.

Увязка энергетических параметров жидкостного ракетного двигателя безгазогенераторной схемы с учетом особенностей регенеративного охлаждения

Беляков В.А., Василевский Д.О.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Воробьев А.Г.
МАИ, каф.202
dantek143@rambler.ru

Безгенераторные схемы используются в качестве маршевых двигателей РБ и 3-х ступеней ракет. Среди разработчиков следует выделить КБХА (РН Ангара ЖРД 0146), Aerojet RocketDyne (Space Shuttle RS25 (SSME), РН Дельта-4 (RS-68)), Pratt & Whitney (РН Atlas Centaur-Saturn RL 10), SEP (РН Ариан 5 (Vulcain, Vulcain2)), Mitsubisi (РН H2 (LE7)). Существуют три типа безгенераторных схем: открытая, закрытая и смешенная. Из них вытекает ряд схем с разными особенностями подачи компонентов. Безгенераторные схемы особенно эффективны при применении криогенных компонентов топлива (кислород, водород, метан и др.). В работе рассматриваются достоинства и недостатки безгенераторных схем с дожиганием нагретого горючего или окислителя после рубашки охлаждения.

Разработана программа по увязке энергетических параметров, расчету тепловых потоков и охлаждения камеры сгорания безгазогенераторого ЖРД. Рассмотрены различные варианты подачи окислителя и горючего в рубашку охлаждения КС: одним или двумя компонентами.

Произведен проектный расчет охлаждения, исходными данными которого являются профиль КС, материалы стенки, направление течения охладителя, геометрия охлаждающего тракте и др. Используются зависимости изменения свойств компонентов топлива (удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности, коэффициент динамической вязкости, плотность) от давления и температуры. Расчет параметров газового тракта, огневой стенки, тракта охлаждения ведется итерационно (тепловой поток в стенку ⇔ нагрев внутренней стенки ⇔ нагрев охладителя ⇔ нагрев внешней стенки) для последовательно расположенных сечений камеры.

По итогам расчетов была выявлена перспективная схема с комбинированным охлаждением, где горючее и окислитель используется совместно в отдельных контурах рубашки охлаждения. Нагреваясь и газифицируясь, компоненты ракетного топлива служат для привода отдельных турбин ТНАО и ТНАГ. Предложенная схема может быть эффективна для безгенераторных двигателей разгонных блоков в случае нехватки горючего для охлаждения КС.

Методика расчета рабочих процессов в КС ракетных двигателей и последующей оптимизации смесительного элемента

Боровик И.Н., Строкач Е.А.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Козлов А.А.
МАИ, каф. 202
evgenij.strokatsch@yandex.ru

Усовершенствование методик разработки и проектирования деталей и узлов изделий авиакосмической промышленности составляет основную ценность при текущем векторе развития – увеличение качества при сокращении временных, материальных и трудовых ресурсов. Особенной важностью и сложностью обладает разработка эффективных ракетных двигателей (РД), их элементов подачи топлива и узлов горячей части двигателя. В работе происходит рассмотрение методики «сквозного» расчета рабочих процессов в камере сгорания (КС) двигателя и последующей оптимизации смесительных элементов (форсунок). Предлагается делить процесс расчета на две части – расчет течения в форсунке (смесительном элементе) и непосредственно оценка качества (расчетным методом) рабочих процессов в КС. Результаты расчета течения в смесительном элементе (мелкость распыливания, выраженная средним диаметром (например, средним диаметром Заутера), распределение капель по диаметрам, скорость ввода компонентов, угол распыливания и т.п.) задаются в виде граничных/начальных условий расчета рабочих процессов (с учетом смешения, испарения жидкого компонента, горения) в КС двигателя. Расчет рабочих процессов предлагается производить с помощью распространенных в настоящее время и наиболее подходящих для полноценной оценки течения методов численного моделирования. Учитывая распространенность центробежных элементов смесеобразования, сложности разработки систем на их основе, в данной работе рассматривается методика, базирующаяся именно на этом типе форсунок. Рассматриваются преимущества и недостатки эмпирико – аналитических подходов, экспериментальных методов оценки качества и параметров смесеобразования, численных методов моделирования, эмпирико-аналитических методов прямого определения спектра диаметров капель. Предлагается для однокомпонентных жидкостных центробежных форсунок пользоваться функцией плотности вероятности на основе метода максимальной энтропии, позволяющей определять непосредственно распределение капель по диаметрам, и которая, тем не менее, ограничена применением в системах «коротковолнового» типа, где We>27/16. Оценку параметров мелкости и других параметров распыливания при «длинноволновом» (We <27/16) виде и при использовании центробежных газожидкостных форсунок необходимо пользоваться комбинированными методами – часть параметров определяется эмпирико-аналитическими корреляциями, часть – методами математического моделирования. Методика позволяет, имея информацию о топливе, первичных геометрических данных форсунки и расходе компонента, производить оценку течения от ввода в форсунку до истечения прореагировавших газов из сопла. Подразумевается, что, получив информацию о рабочих процессах, применение методики обеспечит разработчику оптимизацию рабочих процессов (по полноте сгорания и тепловому состоянию изделия) и последующее изменение конструкции смесительного элемента и режима распыливания. Рассматриваются преимущества и недостатки методики, а также возможности е улучшения, аспекты применения. Приводится пример использования методики на основе моделирования рабочих процессов в КС РДМТ на топливе ВПВ + керосин и оптимизации смесительных элементов.

Ракетный двигатель, работающий по принципу сжатия экзотической материи на подобии вакуума Казимира

Газзаев А.-Б.В.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Назаренко И.П.
МАИ, каф 208
Gazzaev1999@yandex.ru

Важной составляющей космического аппарата является маршевый двигатель (двигатель, приводящий корабль в движение на протяжении всей траектории, в отличии от стартового), обеспечивающий ускорение и полет в условиях открытого космоса и микрогравитации. Одной из главных проблем ракетостроения в целом является проблема относительно невысоких скоростей, достигаемых современными маршевыми двигателями, которые различаются между собой по виду топлива на: жидкостные, твердотопливные, ионнные и гибридные ракетные двигатели. Самая высокая скорость, достигнутая космическим аппаратом – 240 000 км/ч. Данный рекорд был утсановлен американо - германским зондом “Гелиос – Б”, который был запущен 5 января 1976 года. Данная скорость состоавляет лишь 0,0002 от скорости света в вакууме. Таким образом, достижение потенциально пригодных для развития углеродных форм жизни экзопланет, открытых в 2016 и официально обьявленных в 2017 году сейчас кажется задачей без решения, ведь сама система “Траппинг - 1” находится в 40 световых годах от солнца. И поиск решения этой проблемы должен стать приоритентным, так как время, когда человек исчерпает данные ему планетой ресурсы с каждым годом все ближе. Ответом на эту задачу может стать достижение околосветовой или сверхсветовой скорости с помощью специализированного двигателя, который будет создавать в одном из отсеков “квантвовую яму”. Для этого потребуется сжать пространство за минимальный промежуток времени. Так как пространство в космосе не сжимаемо, в одном из блоков двигателя будет создаваться экзотическая материя, на подобии вакуума Казимира (основной проблемой которого является слабое взаимодействие, но в котором при расстоянии между стенками каппиляра/пластин равным 1 нм гипотетически может быть преодолена скорость света). Сам вакуум с экзотической материей может быть искусственно воссоздан с помощью полости с подвижными стенками, которое будет наполнено виртуальными фермионами Дирака(квантовая теория поля), в результате гравитационное поле внутри будет меньше, чем гравитационное поле снаружи корпуса двигателя. Описанная квантовая флуктуация вакуума и его коллапс дает необходимое нам сжатие пространства в переднем, и расширение простанства в заднем блоке. Вычислим гравитационную топологию по Шварцшильду.

Уравнение Энштейна – Гилберта связывает между собой метрику искривленного простанстава- времени со свойствами заполняющей его материи и включает в себя в общей сложности 16 уравнений, в основе которых лежат такие величины, как: тензор Ричи, лямбда- член, тензорное поле энергии- импульса, скалярная кривизна, скорость света в вакууме, число пи и гравитационная постоянная.

Решение уравнения Энштейна – Гилберта представляет из себя метрический прастранственно–временной тензор, а сами условия ставятся в большей степени заданием вышеупомянутого тензора энергии - импульса, с помощью которого можно выразить и описать как физический обьект, так и всю вселенную. И в зависимости от конечного варианта тензора мы можем разбить решение на вакуумное, полевое, космологическое и волновое. Простейшим решением уравнения Энштейна – Гилбетра может быть решение при тензоре равным нулю. Тогда мы получаем вакуумное решение данного уравнения, или как оно называется в математике – пространства Энштейна. В свою очередь, если лямбда – член равен нулю – мы получаем простейшее решение. То есть – пространство-время Минковского. Наиболее точным решением с космологической постоянной равной нулю является решение Шварцшильда. Данное решение может описывать простанство-время вокруг двигателя и в частности космического аппарата. Обеспечив гравитационное сжатие пространства в переднем блоке двигателя, создав необходимую экзотическую

материю, в данном случае вакуум с виртуальными фермионами Дирака, то мы получим околосветовую скорость движения.

Таким образом, двигатель, принцип работы которого будет основан на создании “квантовых ям” в специализированном отсеке двигателя, позволит преодолевать огромные расстояния за сравнительно короткий период времени. Двигатель должен быть расположен вдоль всего корпуса корабля и иметь цилиндрическую форму.

Достичь околосветовой скорости – сделать огромный шаг для всего человечества.

Оптимизация траектории космического аппарата с идеально-регулируемым двигателем ограниченной мощности

Герасименко Н.А.
Научные руководители – д.т.н. Петухов В.Г., профессор, к.ф-м.н. Пунтус А.А.
МАИ, каф. 803
nikgerasimenko@gmail.com

Идеально-регулируемый двигатель (ИР-двигатель) – это математическая модель двигателя космического аппарата (КА), в которой механическая мощность реактивной струи предполагается заданной [1]. Удельный импульс и тяга ИР-двигателя могут изменяться в рамках этого ограничения.

Задача оптимизации траектории КА с ИР-двигателем является темой множества научных работ и имеет высокую теоретическую ценность для механики космического полета и теории управления, сравнимую с ценностью ограниченной задачи трех тел для небесной механики и аналитической динамики. Сходство с ограниченной задачей трех тел, помимо важности для соответствующего раздела механики, заключается в неинтегрируемости в квадратурах описывающих траектории КА дифференциальных уравнений и в их симметричной форме записи.

Также задача оптимизации траекторий КА с ИР-двигателем обладает большой практической важностью по ряду причин. Прежде всего, некоторые из перспективных электроракетных двигателей (ЭРД) близки по своим характеристикам к модели ИР-двигателя (например, проект магнитно-плазменного двигателя VASIMR). Таким образом, задача, в ближайшем будущем может оказаться прикладной. Впрочем, даже в случае необоснованности применения модели ИР-двигателя с технической точки зрения, решение поставленной задачи дает нижнюю оценку энергетических затрат на перелет КА с электроракетным двигателем. Кроме того, оптимальные решения задачи перелета КА с ИР-двигателем могут использоваться в качестве начального приближения для оптимизации траекторий КА с нерегулируемыми или ограниченно регулируемыми электроракетными двигателями.

Задача оптимизации траектории КА с ИР-двигателем сводится к задаче минимизации функционала с ограничениями в виде системы дифференциальных уравнений. Для решения поставленной задачи используется принцип максимума Понтрягина, заключающийся в утверждении о том, что величина оптимального управления равна величине управления на одном из концов допустимого диапазона [2]. Для интегрирования системы дифференциальных уравнений используется метод численного интегрирования Рунге-Кутта 4-го порядка. Для решения краевой задачи принципа максимума Понтрягина применяется численный метод решения системы нелинейных уравнений. В качестве примера решения конкретной оптимизационной задачи рассматривается задача оптимизации гелиоцентрического участка траектории межпланетного перелета КА с ИР-двигателем.

Энергодвигательная установка (эрд – жрд) с изменяемой парусностью солнечных батарей крылатого аппарата оперативных противодействий

Гордеев С.В., Мерьков А.Ю.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Куркин И.И.
МАИ, каф 208
kurkinii@yandex.ru

Приоритеты. Рассматривается Российский космический паркинг аппаратов на высотах ~ 200км для запуска космических и крылатых аппаратов, а также как отечественная альтернатива Х-37В США.

Перспективны разработки пульсирующих химических двигателей. Проводятся работы по созданию электроракетных двигателей, в том числе плазменного, работающего в режиме прямоточного двигателя. Известны успехи управления низколетящими аппаратами. Система электронных ячеек обеспечит высокое качество решения разновысотных оперативных и радиолокационных задач.

Исследования альтернатив. Всё околоземное атмосферное пространство разбито на зоны стратегических интересов. *Анализируются и демонстрируются по сценариям перспектив проектные альтернативы (также в рамках практической составляющей образовательных процессов в ВУЗе и Школах).*

Демонстрируются возможности разновысотных, оперативного действия, энергосиловых систем в составе крылатого аппарата. Стартовая Масса 4.6т.

Режимы длительного разновысотного дежурства с маневрированием.

В космосе комбинированная ЭСУ (ЭРД – СЭУ) осуществит доставку, снятие, обслуживание спутниковых систем. ЭРД в режиме малой тяги обеспечит длительное существование крылатых объектов. Панели солнечных батарей рассматриваются не только как источники энергии, но как элементы парусного разновысотного управления. Мощность ~ 20 кВт.

Режим экстренного реагирования: ЖРД с пульсациями реализует уход с опорной орбиты в зону оперативных действий. Далее крылатый аппарат с тепловой памятью, осуществляет дальний аэродинамический рикошет, Последействие - Импульсное возвращение на опорную орбиту.

Заключение. Демонстрируется система требований к параметрам гибридной ЭСУ для решения оперативных задач. Российский крылатый аппарат, с космическим, наземным и атмосферным базированием предназначен для широкого оперативного использования в атмосфере, высоты 200-100-60км и в космосе с высоты 200км до орбиты МКС и далее с возвращением

Система определения технического состояния жидкостных ракетных двигателей на основе рекуррентной нейронной сети

Елисеев Д.А., Королев П.С.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Жаднов В.В.
НИУ Высшая школа экономики, ФБиМ, ДЭ
pskorolev_1@edu.hse.ru

В настоящее время космические аппараты (КА) нуждаются в разработке эффективной системы анализа технического состояния. Основной метод получения достоверной информации о техническом состоянии КА является спектральный анализ. Спектры вибраций элементов конструкции и пульсаций компонентов топлива относятся к основным видам диагностической информации, потому что имеют высокую чувствительность к аномалиям функционирования ЖРД. До сих пор не решена задача формализации поиска неисправностей или определения источника возмущений методами спектрального анализа в связи с отсутствием диагностических моделей, описывающих взаимосвязь измеряемых быстро меняющихся параметров (БМП). Работа ученых в этой области направлена на определение возможности эксплуатации по состоянию космического аппарата. КА являются сложными техническими системами, состоящими из

многоуровневых агрегатов и узлов, поэтому в качестве примера для исследования выбран жидкостной ракетный двигатель (ЖРД). Он является ключевой составляющей ракетоносителей и двигательных установок различных космических аппаратов. Его запуск является очень ответственной операцией. Любая нештатная ситуация может привести к фатальным последствиям.

ЖРД состоит из топливной системы (насос, турбина, ротор, форсуночная головка, топливные магистрали), камеры сгорания, газогенератора, а также системой автоматического управления. Последняя обеспечивает безопасный запуск, поддерживает стабильную работу, изменяет тягу и др., т.е. управляет механическими системами, которые имеют вращающиеся активные и пассивные компоненты на которых существует вибрационная и пульсационная нагрузка в широком диапазоне частот, начинающихся от десятков кГц. Превышение максимально допустимых значений этих воздействий приводит к разрушению трубопроводов, корпусов агрегатов, роторов турбин, подшипников и др. Все перечисленные агрегаты и узлы должны проходить контроль и диагностирование с целью выявления неисправностей (аномального поведения).

Важнейшим интегральным приемосдаточным параметром ЖРД является тяга. Его оценка осуществляется акустическими методами. По спектру колебаний можно выделить частотные характеристики двигателя, отклонения (изменение) которых является признаком нарушения нормального поведения (функционирования).

Поиск неисправностей на основе БМП (виброакустические и тензометрические) осуществляется экспертами с помощью эвристических методов, полученных на основе огромного опыта отработки ЖРД.

Применение машинного обучения, а именно рекуррентной нейронной сети, которая работает с потоковыми данными, где каждый элемент воспринимается как часть потока позволит выявлять закономерности в частотном спектре сигналов с датчиков и на их основе классифицировать неисправности, определять возможность эксплуатации по состоянию и прогнозировать дальнейшее поведение (аномальное или нормальное).

Численное моделирование двухфазного жидкостно-газового эжектора

Заранкевич И.А., Казённов И.С., Черников А.А.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Лепешинский И.А.
МАИ, каф. 201
alexterminator94@mail.ru

В работе представлено экспериментальное и численное исследование нового жидкостно-газового эжектора с двухфазным рабочим телом. Особенностями представленной конструкции эжектора является повышение эффективности процесса эжекции, в сравнении с ранее известными устройствами, выраженные понижением абсолютного давления на входе в эжектор и повышение коэффициента эжекции до 1/20. Данная конструкция благодаря возможности регулирования режимов работы эжектора позволяет подробнее изучить процессы, происходящие в нем.

Проведено математическое моделирование течения двухфазной среды внутри эжектора, и показана эффективность применения пакетов прикладных программ ANSYS в моделировании двухфазных эжекторов. Данное приложение позволяет существенно снизить ресурсоемкость при проектировании двухфазных струйных аппаратов.

Представлены более подробные исследования эффекта разгона и дробления двухфазной струи на выходе из сопла эжектора, отображена различная скорость, и структура течения струи.

Для сравнения влияния геометрических параметров форсунки на коэффициент эжекции, скорость струи на выходе и остаточное абсолютное давление воздуха на входе в эжектор были проведены предварительные испытания различных форм форсунок изготовленных с помощью аддитивных технологий. Все смесительные устройства проектировались на одинаковый расход и перепад давления. На основе предварительных испытаний и расчетов была изготовлена металлическая форсунка с регулируемым расходом рабочего тела, имеющая кольцевую щель с коэффициентом расхода

соответствующим предыдущим форсункам с отверстиями. Щель образовывалась размещенным на пилонах центральным телом форсунки и острой кромкой её корпуса. Угол распыла для данной форсунки был максимальным из испытанных, а дисперсность минимальной, наблюдался стабильный распад струи на небольшом расстоянии от среза форсунки, длина взаимодействия с эжектируемым воздухом была минимальна, что положительно повлияло на габариты двухфазного струйного аппарата.

Представленные в работе результаты применимы в авиационной и ракетной промышленности, для проведения огневых испытаний реактивных двигателей в высотных условиях часто используют стенды, в которых разрежение и откачку продуктов сгорания топлива осуществляют газо-газовые и парогазовые эжекторы. При этом для создания глубокого разрежения, ввиду того, что степень повышения давления эжектируемого газа в указанных аппаратах небольшая, приходится использовать несколько ступеней. В случае использования газо-газовых эжекторов это требует больших расходов газа на последних ступенях. При использовании жидкостно-газового двухфазного струйного аппарата существенно упрощается стендовый комплекс и его обслуживание, уменьшаются капитальные вложения и сокращаются сроки строительства. Кроме того, интенсивное перемешивание газа с рабочей жидкостью в камере смешения эжектора создает условия для нейтрализации продуктов сгорания и снижает шумы от работы двигателя.

В работе представлены новые интересные научные результаты по новому жидкостно-газовому двухфазному эжектору.

Исследования работы и характеристик модели двигателя СПД-100ПМ на режимах с повышенной тягой

Зеленова Е.В., Ким В.П., Меркурьев Д.В.
Научный руководитель – академик РАН, профессор, д.т.н. Попов Г.А.
МАИ, НИИ ПМЭ
merckuriev.denis@yandex.ru

В настоящее время чрезвычайно актуальной стала разработка электроракетных систем довыведения (ЭРСД) автоматических космических аппаратов на высокие рабочие орбиты, и, в первую очередь, на геостационарную орбиту (ГСО). На эту орбиту выводится все большее число ИСЗ с возрастающими функциональными возможностями и, соответственно, с все большими массами. В то же время возможности средств выведения (СВ) КА на ГСО увеличиваются медленно из-за необходимости разработки и отработки новых ракет-носителей (РН), требующих много времени и больших затрат. ЭРСД в комбинации с существующими СВ позволяют увеличить массу доставляемых на ГСО КА за счет более высокой скорости истечения ЭРСД и, соответственно, за счет более экономного расходования необходимых для решения задачи довыведения КА запасов рабочих веществ (РВ). Однако при этом возрастает время довыведения и для его уменьшения целесообразно применение электроракетных двигателей (ЭРД) с максимально возможной тягой. Из существующих летных образцов отечественных ЭРД максимальной тягой на уровне (80-85) мН обладает двигатель типа СПД-100. Но такой уровень тяги недостаточен для достаточно быстрого (не более 3-6 месяцев) довыведения КА с массами (3,0-3,5) т и более. С учетом этого в настоящее время разрабатывается ЭРСД на основе двигателя СПД-140 с тягой до 290 мН, примерно в 3 раза большей тяги двигателя СПД-100. Но мощность этого двигателя составляет 4,5 кВт, и он имеет массу около 9кг. Следовательно, ЭРСД на его основе будет во многих случаях переразмерена. Поэтому для ряда перспективных КА будет нужен также двигатель с тягой и мощностью, находящимися в промежутке между тягой двигателей СПД-100 и СПД-140. Это позволит существенно расширить возможности отечественных ЭРСД на достаточно большой период времени. С учетом изложенного, целесообразным является создание научно-технического задела для разработки опытных и летных образцов стационарного плазменного двигателя СПД-100ВТ с увеличенной (не менее чем в 2 раза) тягой по сравнению с тягой серийного двигателя СПД-100.

К настоящему времени в рамках работ НИИ ПМЭ МАИ по Соглашению № 14.577.21.0231 от 29 сентября 2016 г между Министерством образования и науки РФ и МАИ (уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEF157716X0231) экспериментально подтверждена возможность создания двигателя СПД-100ВТ с тягой не менее 170 мН и разработан макетный образец этого двигателя для дальнейшей отработки его конструкции.

Анализ проблем пусковой камеры щёточного типа с твёрдотопливным двигателем для запуска жидкостного ракетного двигателя

Ильичёва А.Д.
Научный руководитель – д.т.н. Алтунин В.А.
КНИТУ-КАИ, каф. ТиЭМ
ilicheva-alena27@mail.ru

В докладе рассматриваются способы запуска жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) на жидких углеводородных и других горючих и охладителях. Одним из главных элементов, обеспечивающих непрерывный запуск двигателя, раскручивание турбонасосного агрегата (ТНА), подачу топлива в магистрали является пусковая камера. В докладе рассматривается пусковая камера с твёрдотопливным ракетным двигателем (РДТТ) щёточного типа.

Отличительной особенностью данного РДТТ щеточного типа является отсутствие диафрагмы у заднего днища, которая обеспечивает догорание разрушившихся осколков заряда. Поэтому к щёточному РДТТ предъявляются повышенные требования к равномерности выгорания заряда.

В ходе отработки твердотопливного заряда данного двигателя было установлено, что 25% двигателей не обеспечивают расчётной тяги, что является результатом выброса части заряда через сопло.

Было сделано предположение, что разрушение заряда является следствием неустойчивого горения в камере сгорания.

Причинами возникновения неустойчивости в РДТТ щёточного двигателя могут являться:

1. заброс давления при совместном горении воспламенителя и заряда;
2. возникновение неустойчивости горения, в результате которой происходит механическое разрушение догорающих элементов заряда в конце работы двигателя;
3. неравномерное выгорание заряда по длине;
4. слабое крепление элементов на днище (не выдерживает мастика, которой приклеены элементы заряда).
5. возникновение колебаний порохового пучка щёточного РДТТ;
6. возникновение собственных колебаний корпуса камеры сгорания щёточного РДТТ.

Для всесторонних исследований необходимо:

а) создать экспериментальную базу и рабочие участки;

б) разработать план (программу) и провести циклы экспериментальных исследований рабочей камеры сгорания с одиночными и пучковыми штатными пороховыми элементами (зарядами);

в) замерить собственные колебания камеры сгорания;

г) замерить колебания одного элемента и пучка элементов;

д) определить скорость акустического течения у переднего днища щёточного РДТТ;

е) создать базу экспериментальных данных;

ж) на основе анализа результатов экспериментальных исследований создать алгоритм и методику расчёта определения собственных мод колебаний реального РДТТ щёточного типа, которую можно было бы применять при проектировании и создании ЖРД с пусковой камерой РДТТ щёточного типа повышенных характеристик.

Доклад сопровождается запатентованными конструктивными схемами экспериментальной установки и рабочих участков с заменяемыми штатными пороховыми элементами.

Снижение стоимости пуска ракет-носителей семейства «Ангара» путем повторного использования двигателя первой ступени РД-191

Илюшенко Н.А., Сейдагалиев М.К.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.
МАИ, каф. КиИЛА
chaser13695@gmail.com

В статье предлагается возвращение и вторичное использование отработавшего двигателя (двигателей) первой ступени РД-191, что позволит существенно снизить стоимость пусков ракет-носителей (РН) «Ангара» на 30-35% Получаемый экономический прирост объясняется тем, что двигатель первой ступени является одним из самых дорогостоящих элементов РН. При этом РД-191 – жидкостный ракетный двигатель универсального ракетного модуля 1 (УРМ-1), используемого в РН «Ангара», является многоразовым и сертифицирован на многократное использование.

В рамках работы был произведен расчет парашютной системы, разработан механизм подхвата хвостового отсека (ХО), оценена экономическая эффективность.

Идея работы заключается в том, чтобы отделить двигатель от УРМ-1 и путем парашютирования и дальнейшим вертолетным подхватом спасти только заключенный в ХО двигатель первой ступени. Для этого после отделения первой ступени необходимо будет отделить нижнюю часть бака «Г» с хвостовым отсеком и двигатель от всей конструкции УРМ- 1 путем применения пиротехнических элементов (кольцевые заряды, проходящие по внутреннему или внешнему периметру бака «Г», внутренних и внешних трубопроводов «О», «Г» и СГ). Так же придется видоизменить раму двигателя, сделав ее чуть более длинной с целью размещения в ней систем парашютирования и демпфирующих устройств. Отделившаяся часть УРМ-1 с хвостовым отсеком будет снижаться на парашютах.

Процесс возвращения двигателя состоит из следующих этапов:

- отделение хвостового отсека с двигателем (ХО) от УРМ-1 посредством пиротехнических устройств;
- непродолжительное свободное падение;
- снижение скорости падения ХО путем раскрытия парашютов;
- вертолетный подхват с дальнейшей транспортировкой.

Идея вертолетного подхвата первой ступени не является новой, и ранее неоднократно предлагалась. Но практически реализовать процесс подхвата только ХО значительно проще и целесообразнее нежели подхват первой ступени в целом.

Разработка системы спасения ДУ является менее сложной задачей по сравнению с проектом «Байкал». При всем выше перечисленном данная разработка не требует вносить существенные изменения в конструкцию ракеты.

Система спасения ДУ является актуальной на сегодняшний день и может занять промежуточное звено между одноразовыми РН и полностью многоразовыми ракетно-космическими системами.

Исследование влияния абсолютных размеров сопла на коэффициент расхода

Кириллова А.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Сабирзянов А.Н.
КНИТУ–КАИ, каф. РДЭУ
Anya_pand@mail.ru

Для оценки совершенства процессов в сопле реактивного двигателя применяют суммарный коэффициент расхода, представляющий собой произведение различных его составляющих. Основное влияние оказывает газодинамическая составляющая, учитывающая потери давления, неравномерность параметров и трение.

При определении коэффициента расхода сопла принято считать, что абсолютные размеры входного и минимального сечений не играют существенной роли. Определяющими во многих работах известных авторов являются отношения площадей (радиусов) минимального и входного сечений $F_{кр}/F_{вх}$ ($R_{кр}/R_{вх}$). В данной работе объектом исследования являлись осесимметричные сверхзвуковые конические сопла с цилиндрическим участком в минимальном сечении (горлом) различной протяженности. В качестве рабочего тела рассматривался воздух с температурой T = 300 К при перепаде давления на сопле π_c = 10. Целью работы являлось исследование влияния абсолютных размеров сопла на коэффициент расхода. Моделирование проводилось в адиабатной осесимметричной стационарной постановке с помощью пакета программ ANSYS Fluent. Геометрическая модель включает камеру сгорания, сопла и дополнительный объем для моделирования истечения сверхзвуковой струи в свободное пространство, что исключает необходимость определения граничных условий на выходе из сопла. Расчетная модель камеры сгорания и сопла основана на структурированной сетке. В качестве граничных условий на входе задавалось равномерное распределение давления, температуры, параметры турбулентности потока. На выходе – постоянство атмосферного давления. Стенки камеры сгорания и сопла задавались гладкими с условием прилипания и не протекания рабочего тела. В качестве модели турбулентности использовалась широко применяемая в практике инженерных расчетов двухпараметрическая модель RNG k-ε, подтвердившая свою применимость для данной задачи в ранее проведенных авторами работах. Исследование проводилось для трех различных абсолютных размеров сопел с различной протяженностью цилиндрического участка. Использовались диаметры камеры равные 7, 14, 28 мм и диаметры минимального сечения равные 5, 10, 20 мм, соответственно.

Проведенные численные исследования для конических сопел с цилиндрическим участком различной протяженности дают основание полагать о существовании влияния абсолютного размера сопла на значение коэффициента расхода. В результате проведенного моделирования получено, что для угла входа 60° и различной протяженности цилиндрического участка в минимальном сечении сопла наибольшее отличие коэффициентов расхода составляет 1 %. Следует отметить, что несовершенство процесса истечения приводит к потерям тяги двигателя, которые в свою очередь приводят к потерям дальности полета. Так, потери тяги в 1 % уменьшают дальность полета на 3,5 – 5 % в зависимости от вида летательного аппарата. Влияние абсолютного размера увеличивается с увеличением протяженности цилиндрического участка.

Электроракетные двигатели и их роль в будущем освоении космоса

Куколин Р.А.
МАИ, каф. 205
kukolinroman2012@ya.ru

Электроракетные двигатели являются важной частью современных космических аппаратов. На данный момент они используются в качестве двигателей коррекции на всех геостационарных спутниках, космических аппаратах дистанционного зондирования земли и т.д. Порядка 40% космических аппаратов имеют у себя на борту ЭРД.

Если электроракетный двигатель сравнивать с жидкостным ракетным двигателем, то сразу бросается в глаза разница в тяге. Тяга ЖРД может достигать 100 тонн и выше, в то время как ЭРД, использующиеся для коррекции спутников, имеют тягу 8-10 грамм. Не смотря на незначительную по земным меркам тягу, у электроракетных двигателей имеются ряд преимуществ над ЖРД в условиях дальнего космоса. Во время долгих космических перелётов одним из главных недостатков ЖРД становится химическое топливо. Оно много весит и нужно поднять и перенести значительную массу, а это значит, что ракеты должны быть более мощными и дорогими. Ионному двигателю требуется меньший запас рабочего тела, поэтому ЭРД позволяет взять больше полезной нагрузки. Поэтому ионный двигатель может работать на протяжении долгого времени, что

позволяет ему годами перемещать ракету в лишённом трения вакууме космоса и разгонять её всё быстрее и быстрее.

Исходя из всех плюсов электроракетных двигателей, возрождается идея использования их как маршевые двигатели для межпланетных перелётов. На данный момент ведущие космические державы в разной степени активности рассматривают проект пилотируемого полёта на Марс. Сейчас рекорд самого быстрого перелёта от Земли до Марса принадлежит космическому зонду Mars Express европейского космического агентства и составляет 6 месяцев, с ионным двигателем спутник сможет долететь до Марса за пару недель. Такое уменьшение времени полёта будет способствовать перемещению больших объемов и масс грузов для подготовки дальнейшей высадки на планету людей.

На сегодняшний день самые совершенные электрические ракетные двигатели пригодны для полетов к внешним планетам солнечной системы, но недостаточно мощные для межзвездного полета. По этому следующим шагом для освоения дальнего космоса должно стать ускорение ионного двигателя более чем в 100 раз, для обеспечения выход корабля за пределы солнечной системы.

На данный момент ведётся активное исследование космоса. За последние годы было найдено огромное количество предположительно пригодных для жизни планет, ближайшие из которых находятся на расстоянии четырёх световых лет от нас.

Электроракетные двигатели на данный момент продолжают оставаться одним из самых перспективных направлений в двигателестроении. Продолжение исследовательских работ в этой области позволит в будущем создать корабли, способные отправиться намного дальше без большого запаса топлива и добраться до этих новых, неизведанных миров намного быстрее.

Исследование в газодинамической постановке рабочего процесса двигателя большого удлинения

Куприк Д.А.
Научный руководитель – к.т.н. Арсентьева М.В.
ТулГУ, каф. РВ
dk7189317.d@yandex.ru

В двигательных установках (ДУ), имеющих большое удлинение и высокую плотность заряжания, наблюдается существенное изменение параметров газового потока по длине камеры сгорания вследствие падения статического давления, появления эффекта эрозионного горения и наличия местных и распределенных гидродинамических сопротивлений. Появление данных эффектов будет оказывать наибольшее влияние на характер изменения параметров процесса по длине камеры сгорания в начальный период работы двигателя, так как в течение данного периода отношение площади проходного сечения канала топливного элемента (ТЭ) к площади критического сечения сопла минимально.

Для исследования картины распределения газодинамических параметров потока продуктов сгорания топлива по длине ДУ в одномерной квазистационарной постановке была разработана программа, написанная на языке програмирования С++. Программа основана на газодинамической модели, учитывающей движение газа по длине камеры и сопла, в которую вводится ряд дополнительных зависимостей. В случае расчета распределения параметров по длине камеры и сопла ДУ с ТЭ сложной формы, например, канально-щелевым ТЭ или с тандемным расположением ТЭ в систему уравнений дополнительно введены зависимости, связывающие параметры потока в выходном сечении первого канала и входном сечении второго канала.

Поскольку в данной задаче два граничных условия задаются во входном сечении канала, а третье – в выходном, при численном решении системы уравнений используется метод последовательных приближений. На левой границе расчетной области, через которую газовый поток втекает, задаются: некоторое ожидаемое значение давления, скорость и температура. Плотность потока определяется из уравнения состояния. В ходе

численного решения проводится сравнение расходов газа через выходное сечение канала и наименьшее сечение сопла. В случае превышения заданной величины относительной допустимой погрешности проводится уточнение значения давления на левой границе расчетной области и расчет повторяется.

Определение значений параметров потока по длине сопла в программе проводится с использованием газодинамических функций.

С помощью разработанной программы был проведен расчет распределения газодинамических параметров потока продуктов сгорания по длине ДУ с канально-щелевым ТЭ. Также проведен расчет параметров процесса в данной ДУ в двумерной постановке с использованием программного комплекса Gas2 и в трехмерной постановке в SolidWorks.

Методика рациональной компоновки комбинированной двигательной установки космического буксира

Кургузов А.В.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Бирюков В.И.
МАИ, каф. 202
mandigit@yandex.ru

В настоящее время проявляется интерес к созданию многоразовых транспортных буксиров для выполнения широкого круга задач в околоземном космическом пространстве. Применяемые сегодня на космических разгонных блоках химические двигательные установки обладают высокими тяговыми характеристиками, но низкой эффективностью использования массы рабочего тела. Электроракетные двигательные установки, часто применяемые для вывода коммерческих аппаратов сегодня, в противоположность, эффективно используют массу рабочего тела, но их тяга способна обеспечить лишь малый темп изменения скорости, что приводит к значительному времени выполнения маневра, что не всегда является приемлемым. Таким образом, применяемые сегодня двигательные установки недостаточно удовлетворяют требованиям эффективности, предъявляемым к двигательной установке универсального космического буксира.

Одним из возможных путей решения задачи увеличения эффективности двигательной установки космического аппарата может стать применение комбинированной двигательной установки, в которой используются двигатели различных типов, обладающих особенностями, определяющими их эффективное использование в зависимости от ситуации. Такая комбинация двух или более двигателей обладает синергетическим эффектом, позволяет решать задачи более рационально, чем это могло бы быть сделано входящими в ее состав двигателями, по отдельности.

Использование комбинированной двигательной установки с более чем одним двигателем поднимает вопрос о наиболее рациональном соотношении параметров двигательных установок, используемых в такой комбинированной двигательной установке, о требуемых запасах топлив, и, как следствие, объемов и конструкций топливных баков для каждой двигательной установки, определения режимов их использования.

Известны работы по оптимизации параметров комбинированных двигательных установок при выполнении отдельных маневров, таких как вывод на орбиту. Эти работы показывают, что возможно эффективное комбинирование различных типов двигателей. Однако, для многоразового космического буксира требуется разработать методику, позволяющую определять такие проектные параметры комбинированной двигательной установки и топливных баков, закладываемых в конструкцию, при которых разрабатываемый аппарат мог бы выполнять эффективно не отдельный маневр, а набор маневров различного типа, с различными начальными и граничными условиями.

Методика определения наиболее рациональной компоновки комбинированной двигательной установки может основываться на сценарном подходе, когда описываются и изучаются различные наборы маневров, потенциально, предстоящих для выполнения и

далее, на основе такого сценария, производится комплексная оптимизация проектных параметров двигательной установки, приводящая к наиболее рациональной компоновке.

Методика предполагает мультидисциплинарный подход, с привлечением экспертных оценок ряда параметров.

Двухконтурное сопло с регулируемой высотностью

Маслов А.И.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Семенов В.В.
МАИ, каф. 202
poloniqum@gmail.com

Доклад посвящен изучению тяговых характеристик круглых сопел ракетных двигателей, обладающих высотной компенсацией.

Как известно, сопла ракетных двигателей имеют фиксированную степень расширения. Поэтому из-за неизменности давления на его срезе и переменного по высоте атмосферного давления бóльшую часть траектории полета сопла работают на нерасчетных режимах – на режимах недорасширения.

С целью повышения среднего по траектории полета удельного импульса круглого «земного» сопла предложено снабдить его высотным круглым насадком, в результате чего сопло становится двухконтурным.

Проведен с использованием сертифицированной программы «ANSYS» вычислительный эксперимент по исследованию тяговых характеристик двухконтурного сопла. Все расчеты проведены при давлении в камере 262 атм., давлении на срезе сопла 0,7 атм., давлении в выходном сечении насадка 0,2 атм. и коэффициенте адиабаты - γ = 1,18. В качестве топлива используется пара: керосин + кислород.

Показано, что в двухконтурном сопле при его работе вблизи Земли происходит отрыв потока газа на изломе контура, а на высоте – включается в работу высотный насадок, в результате чего ракетный двигатель, снабженный двухконтурным соплом, вблизи Земли работает как «земной» ракетный двигатель, а на высоте – включается в работу высотный насадок, создающий дополнительную тягу.

Приемный канал бортовой лазерной энергоустановки

Метельников А.А.
Научный руководитель – к.т.н., Авдеев А.В.
МАИ, каф. 209Б
Metelnikov91@gmail.com

Для борьбы с фрагментами космического мусора (ФКМ) в работах и рассматривается лазерная бортовая энергетическая установка (ЛБЭУ). Для разработки системы минимизации ошибок наведения такой ЛБЭУ требуется оценить погрешности определения координат приемной апертуры космического аппарата (КА) приемным каналом.

В работе рассматривается приемный канал бортовой лазерной установки для передачи энергии на КА. В расчетах принято, что расстояние между самолетом-носителем ЛБЭУ и КА составляет 200-300 км, приемная апертура КА 20 м. Высота полета самолета-носителя - 20 км. Коэффициент пропускания атмосферы на трассе самолет-носитель – КА $\tau \approx 1$.

В работе принят следующий сценарий работы ЛБЭУ. На основании расчетной траектории КА ЛБЭУ выдается целеуказание. Приемный канал системы наводится в указанный сектор пространства. По информации, получаемой с приемного канала, проводится уточнение координат цели.

Для определения координат КА в работе используется приемный канал с матричным фотоприемным устройством (МФПУ) формата 1280x1024. Для выбора углового поля зрения объектива использовано условие: угловое поле зрения элемента МФПУ больше дифракционного предела и составляет 2°x1,6°. Дальность обнаружения

КА системой составила 8922 км для МФПУ работающего в диапазоне 3..5 мкм и 1832 км для МФПУ работающего в диапазоне 8-12 мкм.

На дальностях 200 км и 300 км размер изображения КА составляет 3 пикс. и 2 пикс., погрешность определения координат КА передающим каналом составила 1,7 угл.сек. и 2,8 угл.сек. соответственно.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки систем минимизации ошибок наведения ЛБЭУ.

Особенности влияния термоакустических автоколебаний давления на работу жидкостного ракетного двигателя

Миннахметов Л.И., Обухова Л.А., Платонов Е.Н.
Научный руководитель – д.т.н. Алтунин В.А.
КНИТУ-КАИ, каф. ТиЭМ
minnahmetovlenar@mail.ru

В рубашках охлаждения жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) на жидких углеводородных горючих и охладителях (УВГ и УВО) происходят различные тепловые процессы, которые оказывают влияние на работу ЖРД и ЖРД многоразового использования (ЖРДМИ). Известно, что через 2-3 минуты работы ЖРД в рубашке охлаждения образуется слой твёрдого углеродистого осадка, из-за чего может происходить перегрев и прогар стенки с дальнейшим взрывом.

Также известно, что в каналах рубашки охлаждения возникают термоакустические автоколебания (ТААК) давления, которые несут в себе как положительные, так и отрицательные эффекты. Для более глубокого изучения этих тепловых процессов была создана экспериментальная установка и рабочие участки, проведены фундаментальные экспериментальные исследования.

Результаты исследований показали, что ТААК давления:

– способствуют увеличению коэффициента теплоотдачи на 40% (положительный эффект), что подтверждает ранние исследования других авторов;

– способствуют откалыванию твёрдых углеродистых отложений (положительный эффект) с дальнейшим засорением и захолаживанием топливно-охлаждающих каналов, фильтров и форсунок (отрицательный эффект);

– способствуют возникновению в подающих и охлаждающих каналах стоячих акустических волн какой-то одной моды колебаний, из-за чего образуются локально-чередующиеся зоны перегревов с дальнейшим прогаром и взрывом (отрицательный эффект), что подтверждает ранние исследования других авторов;

Кроме того, установлено, что:

– локально-чередующиеся зоны перегревов и прогаров возникают только в нагреваемом «горячем» рабочем участке;

– присоединение к «горячему» каналу необогреваемого («холодного») канала способствует возникновению сразу нескольких стоячих акустических волн на нескольких модах колебаний, что приводит к «размазыванию» локально-чередующихся зон перегревов и прогаров и предотвращает возможность прогаров и взрывов;

– применение электростатических полей способствует уничтожению ТААК давления и предотвращению осадкообразования;

На основе результатов экспериментальных исследований:

– разработаны новые методики расчёта возникновения ТААК давления в ЖРД и ЖРДМИ на жидких УВГ и УВО;

– разработаны новые методики и алгоритмы борьбы с ТААК давления (без влияния электростатических полей, с полями, гибридно) при проектировании, создании и эксплуатации ЖРД и ЖРДМИ повышенных характеристик;;

– разработаны и запатентованы новые конструктивные схемы ЖРД и ЖРДМИ, где ведётся всесторонняя борьба с ТААК давления, а также ТААК давления используются для

автоматической очистки каналов при работающем двигателе (например, на орбите или в земных условиях – при добыче тяжёлых нефтей);

– разработаны и запатентованы новые датчики и системы контроля за процессом осадкообразования и ТААК давления в ЖРД, в ЖРДМИ и в др. энергоустановках наземного, воздушного и космического базирования.

Определение геометрических размеров топливных элементов со звездообразным каналом в процессе горения

Морель Д.А.
Научный руководитель – к.т.н. Арсентьева М.В.
ТулГУ, каф. РВ
Dimc1998@gmail.com

При проектировании двигательной установки, выбирая форму топливного элемента (ТЭ), необходимо исходить из того, чтобы она обеспечила: требуемое изменение поверхности горения во времени, требуемое время горения, требуемую тягу, устойчивость горения при заданном рабочем давлении, механическую прочность при транспортировке и горении, удобство крепления ТЭ в камере, технологичность изготовления. Так как геометрические параметры ТЭ определяют приход продуктов сгорания в камеру, то изменяя геометрию ТЭ можно обеспечить практически любой закон изменения давления, а соответственно и тяги во времени. Если изменения тяги двигателя в широких пределах не требуется динамикой полета объекта, то значительное изменение давления газов в процессе горения ТЭ является нежелательным.

К числу форм ТЭ, обеспечивающих постоянство поверхности горения, относятся цилиндрические топливные элементы с каналом звездообразной формы, бронированные по наружной поверхности и торцам. Основное достоинство такого ТЭ – надежная защита стенок камеры от нагрева продуктами сгорания топлива. Для предотвращения растрескивания ТЭ под действием остаточных напряжений острые углы в вершинах лучей скругляются.

Для определения геометрических параметров ТЭ со звездообразным каналом разработана программа. Исходными данными для проектирования являются: толщина горящего свода ТЭ, внутренний диаметр камеры, число лучей, угол, стягивающий половину дуги сектора при выгорании ТЭ и угол при вершине выступа. Результаты расчета представляются в виде числовых значений, а также на экран выводится геометрия спроектированного ТЭ. Кроме того, предусмотрена функция сохранения геометрических параметров в файл с целью дальнейшего использования координат вершин при построении геометрии в программе визуализации.

Моделирование процесса выгорания ТЭ проводится в программе Sgor2, позволяющей по заданной геометрии ТЭ получить зависимость площади горящей поверхности от толщины сгоревшего свода S(e).

Проведены исследования влияния числа лучей звезды при сохранении постоянства периметра горения в первой фазе на характеристики рассматриваемого типа топливного элемента.

Показано, что с увеличением числа лучей звезды уменьшается коэффициент заполнения камеры сгорания и увеличивается прогрессивность поверхности горения. Также снижается коэффициент остатка – отношение площади поперечного сечения остатков после выгорания заряда на величину начальной наименьшей толщины горящего свода топлива к начальной площади торца ТЭ.

Экспериментальная установка для оценки тяги ЖРД на разных режимах горения

Морозов Е.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Козлов А.А.
МАИ, каф. 202
smilefatal@gmail.com

Одним из злободневных вопросов, касающихся работы ЖРД на детонационном режиме горения, является оценка эффективности этого режима и сравнение с параметрами дефлаграционного режима, именно поэтому необходимо прямое измерение тяги двигателя, работающего в режимах детонационного и дефлаграционного горения. При этом конструктивные и режимные параметры двигателя должны быть одинаковыми на всех режимах работы. Сравнение экспериментальных измерений тяги на данных режимах позволит сделать вывод об эффективности детонационного горения, которая декларируется рядом теоретических работ.

Для проведения сравнительных экспериментов планируется собрать небольшую экспериментальную установку, в состав которой войдут: силовая рама; вытеснительная система питания с магистралями подвода; камера сгорания; агрегаты управления; а также тягоизмерительное устройство и датчики расхода компонентов топлива.

Компонентами топлива будут служить: в качестве окислителя – жидкий или газообразный кислород, в качестве горючего – керосин или этиловый спирт с пирофорными добавками, обеспечивающими самовоспламенение топлива. Самовоспламеняющаяся топливная пара позволяет упростить конструкцию камеры, уйдя от искровых, нагревательных, самовоспламеняющихся элементов зажигания, но, тем не менее, это потребует дополнительной экспериментальной отработки для организации устойчивого режима горения.

Выбор данной системы подачи компонентов обусловлен наибольшей оптимальностью в условиях ограниченных габаритных размеров экспериментальной установки, необходимых для взаимодействия с тягоизмерительным устройством, а также в условиях обеспечения сравнительно небольших давлений подачи компонентов.

Вытеснительная система питания и экологически чистые компоненты топлива обеспечивают приемлемую стоимость создания и эксплуатации экспериментальной установки, а также достаточную безопасность использования установки, как в экологическом вопросе, так и в вопросе обеспечения безопасности работы для персонала при подготовке и проведении эксперимента.

Конструкция камеры сгорания ЖРД МТ должна иметь возможность изменения конфигурации и геометрических параметров, именно поэтому будет содержать сменные смесительную головку и центральное тело, позволяющие подобрать геометрию кольцевого зазора и параметры смеси, обеспечивающие режим стационарного детонационного горения.

После нахождения геометрических и режимных параметров кольцевой камеры сгорания, обеспечивающих режим детонационного горения, будет проведено два зачетных эксперимента на одной и той же материальной части и одинаковых режимных параметрах для двух режимов горения. Сравнение измеренных тяг позволит оценить эффективность режима детонационного горения.

В случае получения положительных результатов это позволило бы говорить об большей экспериментально доказанной эффективности детонационного ЖРД в сравнении с ЖРД на дефлаграционном режиме горения. Это подстегнет и без того нарастающий интерес к детонационному режиму горения.

Разработка модельных камер сгорания для проведения огневых испытаний с целью отработки технологии применения электроимпульсного возмущающего устройства

Нарижный А.А., Пикалов В.П., Царапкин Р.А.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Бирюков В.И.
ФКП НИЦ РКП
KniaZ988@mail.ru

К настоящему времени широкое распространение при оценке высокочастотной устойчивости процесса горения в камерах сгорания жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) получил метод, основанный на введение в камеру сгорания искусственных импульсов давления. Процесс горения считается устойчивым или неустойчивым в зависимости от того, возвращаются или не возвращаются его характеристики (колебательная составляющая давления в камере сгорания) в исходное невозмущенное состояние после внесения возмущения.

Для отработки подобного метода и с целью экономии ресурсов было принято решение о проведении испытаний по оценки высокочастотной устойчивости процесса горения на модельных камерах сгорания ЖРД, конструктивно близким к натурным камерам сгорания.

Объектом разработки являются модельные камеры сгорания ЖРД с давлением в них 1,0 и 2,0 МПа, предназначенные для проведения огневых испытаний на экспериментальной установке.

Целью разработки является отработка технологии применения электроимпульсного возмущающего устройства (ЭИВУ) в обеспечение оценки запасов высокочастотной устойчивости рабочего процесса при проведении огневых стендовых испытаний ЖРД.

В докладе представлены:

расчет термодинамических параметров продуктов сгорания в модельных камерах сгорания, работающих на компонентах топлива газообразный кислород и керосин;

расчет основных конструктивных параметров модельных камер сгорания, основанный на использовании фундаментальных обобщенных характеристик, которые определяют эффективность рабочего процесса в камере сгорания;

расчет основных конструктивных и режимных параметров форсунок;

оценка охлаждения водой разрабатываемых модельных камер.

Результаты, проведенных расчетов, стали основой для выпуска конструкторской документации с последующим изготовлением деталей и узлов разработанных модельных камер сгорания.

Исследование истечения топлива из смесительной головки ЖРД МТ с дефлекторно-центробежной схемой смесеобразования методом конечных элементов

Пахомов А.К.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Чудина Ю.С.
МАИ, каф. 202
alexeyt101@mail.ru

В настоящее время моделирование газогидродинамических процессов методом конечных элементов является одним из самых распространенных, быстрых и точных методов исследования. Наряду с видимыми достоинствами, эти методы имеют и недостатки: для высокой точности моделирования методом конечных элементов требуются значительные компьютерные мощности, необходима высокая квалификация исследователя, который задает начальные, граничные условия и параметры расчета.

В данной работе проводится исследование истечения компонентов топлива из смесительной головки жидкостного ракетного двигателя малой тяги с дефлекторно – центробежной схемой смесеобразования в область камеры сгорания. В качестве объекта исследования была выбрана смесительная головка двигателя С7.10.910-0, разработанного в Конструкторском бюро химического машиностроения имени А.М. Исаева. Двигатель

работает на самовоспламеняющейся паре компонентов топлива – азотный тетраоксид (АТ) и несимметричный диметилгидразин (НДМГ).

Дефлекторно-центробежная схема смесеобразования интересна тем, что смешение компонентов организовано не в объеме камеры сгорания (КС), а на её внутренней стенке. Это позволят улучшить охлаждение стенки КС и, исходя из этого, повысить показатели надежности. Кроме того рассматриваемая схема смесеобразования позволяет добиться высокого удельного импульса.

Моделирование истечения производилось в среде конечно-элементного анализа Ansys, а именно в модуле Ansys CFX. Для создания сетки конечных элементов был использован встроенный модуль Mesh.

В ходе исследования произведено сравнение различных моделей турбулентности, доступных в модуле Ansys CFX, для решения задачи максимально точного и физически достоверного моделирования пограничного слоя в зоне смешения компонентов топлива. По результатам сравнения выбрана оптимальная модель турбулентности для решения вышеупомянутой задачи.

В ходе исследования получена модель истечения компонентов топлива АТ и НДМГ из смесительной головки с дефлекторно – центробежной схемой смесеобразования. Получены параметры течения компонентов в объеме камеры сгорания. Выбрана оптимальная модель турбулентности для моделирования.

Верификация проведенного численного исследования выполнена по результатам холодных экспериментов. Сравнение проводилось по качественной картине факела распыла компонентов.

Повышение эффективности ракетного двигателя путем использования регулируемого по высоте сопла

Сейдагалиев М.К.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.
Филиал «Восход» МАИ, каф. Б12
mkc9494@gmail.com

На сегодняшний день современные ракетные двигатели практически достигли предельного значения удельного импульса используемыхкомпонентов топлива, в связи с этим увеличение удельного импульса двигателя даже на небольшое значение представляет собой непростую задачу. В работе предлагается решение поставленной задачи за счет модернизации сопловой части двигательной установки первой ступени, что позволит регулировать высотность двигателя, а значит, сделает двигатель более эффективным в менее плотных слоях атмосферы. Рассматривается два метода регулирования высотности двигателя:

- применение раздвижного соплового насадка;
- использование соплового вкладыша, прогар которого обеспечивает необходимый закон изменения степени геометрического расширения.

Расчеты проводились для однокамерного жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) РД-191 используемого на ракета-носителях (РН) первой ступени семейства «Ангара».

В рамках работы были поставлены следующие задачи:

- выбор оптимального метода регулирования высотности (в статье рассматривается регулирование высотности путем применения раздвижного одноступенчатого соплового насадка);
- определение прироста средней тяги ЖРД, при используемом методе, и сравнение полученных результатов с средней тягой двигателя имеющего идеально регулируемое по высоте полета сопло;
- выбор материала и способа охлаждения соплового насадка путем проведения математического моделирования в программной среде SolidWorks. На основе полученных данных провести расчет массовых и геометрических характеристик соплового насадка;
- расчет энергомассового совершенства и тяги двигателя, с учетом потерь из-за трения в раздвижном сопле, массы соплового насадка и механизма выдвижения.

В результате расчетов определенно, что оптимальный радиус соплового насадка при котором достигается максимальное значение удельного импульса, значительно превышает радиус первой ступени, в связи с этим, радиус соплового насадка был принят равным 1,45 м, что позволит использовать регулируемое сопло в пакетной конструктивно-компоновочной схеме.

Анализ энергетической эффективности двигателя показал, что применение соплового насадка для ракета-носителя семейства «Ангара», выполненных в пакетной схеме, позволяет увеличить среднюю тягу каждого УРМ-1 на 9,28 тс. При использовании раздвижного соплового насадка на ракета-носителях легкого класса выполненных в тандемной схеме, прирост тяги составит 17,5 тс в виду отсутствия ограничения радиуса соплового насадка. Полученные результаты указывают на необходимость создания камер двигателей с регулируемыми по высоте полета соплами хотя бы на одно фиксируемое положение, что при прочих равных условиях значительно увеличивает дальность полета без снижения его стартовой тяги относительно РН с невысотным двигателем.

Повышение эффективности ракетного двигателя путем использования регулируемого по высоте сопла

Сейдагалиев М.К.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.
Филиал «Восход» МАИ, каф. Б12
mkc9494@gmail.com

На сегодняшний день современные ракетные двигатели практически достигли предельного значения удельного импульса используемыхкомпонентов топлива, в связи с этим увеличение удельного импульса двигателя даже на небольшое значение представляет собой непростую задачу. В работе предлагается решение поставленной задачи за счет модернизации сопловой части двигательной установки первой ступени, что позволит регулировать высотность двигателя, а значит, сделает двигатель более эффективным в менее плотных слоях атмосферы. Рассматривается два метода регулирования высотности двигателя:

- применение раздвижного соплового насадка;
- использование соплового вкладыша, прогар которого обеспечивает необходимый закон изменения степени геометрического расширения.

Расчеты проводились для однокамерного жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) РД-191 используемого на ракета-носителях (РН) первой ступени семейства «Ангара».

В рамках работы были поставлены следующие задачи:

- выбор оптимального метода регулирования высотности (в статье рассматривается регулирование высотности путем применения раздвижного одноступенчатого соплового насадка);
- определение прироста средней тяги ЖРД, при используемом методе, и сравнение полученных результатов с средней тягой двигателя имеющего идеально регулируемое по высоте полета сопло;
- выбор материала и способа охлаждения соплового насадка путем проведения математического моделирования в программной среде SolidWorks. На основе полученных данных провести расчет массовых и геометрических характеристик соплового насадка;
- расчет энергомассового совершенства и тяги двигателя, с учетом потерь из-за трения в раздвижном сопле, массы соплового насадка и механизма выдвижения.

В результате расчетов определенно, что оптимальный радиус соплового насадка при котором достигается максимальное значение удельного импульса, значительно превышает радиус первой ступени, в связи с этим, радиус соплового насадка был принят равным 1,45 м, что позволит использовать регулируемое сопло в пакетной конструктивно-компоновочной схеме.

Анализ энергетической эффективности двигателя показал, что применение соплового насадка для ракета-носителя семейства «Ангара», выполненных в пакетной схеме, позволяет увеличить среднюю тягу каждого УРМ-1 на 9,28 тс. При использовании

раздвижного соплового насадка на ракета-носителях легкого класса выполненных в тандемной схеме, прирост тяги составит 17,5 тс в виду отсутствия ограничения радиуса соплового насадка. Полученные результаты указывают на необходимость создания камер двигателей с регулируемыми по высоте полета соплами хотя бы на одно фиксируемое положение, что при прочих равных условиях значительно увеличивает дальность полета без снижения его стартовой тяги относительно РН с невысотным двигателем.

Разработка источника электронов на базе высокочастотного разряда

Смирнов П.Е.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Хартов С.А.
МАИ, каф. 208
paulsmyt93@gmail.com

В настоящее время в качестве рабочего тела для электроракетных двигателей (ЭРД) наиболее часто используются инертный газ – ксенон, который запасен на борту космического летательного аппарата (КЛА) в необходимом количестве. Ксенон – редкий газ, и стоимость его производства достаточно высока. При этом с учетом обеспечения требований по его чистоте для работы эмиттеров катодов стоимость «заправки» КЛА значительно возрастает.

Большинство эксплуатируемых ЭРД используют электростатический механизм ускорения ионов. Для этого рабочее тело сначала ионизуют, а затем ускоряют только ионы в электрическом поле. При этом для обеспечения процессов ионизации рабочего тела и нейтрализации ускоренного потока ионов используются источники электронов – катоды и нейтрализаторы. Основными конструктивными элементами катодов являются разнообразные эмиттеры, изготовленные из материалов с низкой работой выхода электронов. Получение электронов осуществляется в результате эффекта термоэмиссии, для чего эмиттеры разогреваются до температуры 0,6–0,8 от температуры их плавления. Это сильно снижает время работы катода за счет эффекта сублимации в вакууме материала эмиттера.

В последние годы начала обсуждаться проблема использования ЭРД, работающих на газах верхних слоев атмосферы Земли и планет Солнечной системы, т.е. создания двигателей «прямоточной» схемы. Одной из проблем этой схемы является выбор наиболее эффективного катода, способного работать с химически-активными газами атмосферы, будь то кислород в атмосфере Земли, метан и аммиак в атмосфере Венеры, углекислый газ – Марса, или другие.

В работе были проанализированы существующие и альтернативные схемы нейтрализаторов работающих на химически активных газах, предложена и разработана конструкция лабораторного образца такого устройства на базе высокочастотного разряда. Описаны реализуемые способы зажигания ВЧ катода. Приведены результаты и проблемы первичных испытаний данного устройства, а также рассмотрены некоторые методы их решения.

Высокочастотный ионный двигатель, работающий на атмосферных газах

Суворов М.О.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Хартов С.А.
МАИ, каф. 208, НИИ ПМЭ
maxwell2005@yandex.ru

За последние полвека искусственные спутники Земли все больше входят в нашу жизнь: они являются основой систем связи, геолокации, метеорологии, дистанционного зондирования Земли, экстренных систем предупреждения, субъектом многочисленных гражданских и военных программ. В последние десятилетия особенно возрос интерес в использовании малых космических аппаратов низкоорбитального базирования. Характерные высоты орбит таких КА лежат между 160 и 250 км над поверхностью Земли. С уменьшением высоты над Землей, плотность атмосферы возрастает, а аппарат, расположенный на низкой орбите, испытывает высокое аэродинамическое сопротивление.

В таких сценариях корректирующие двигатели спутников должны функционировать непрерывно, поддерживая тягу и компенсируя сопротивление воздушных масс. При этом срок активного существования аппарата ограничен запасом рабочего тела, а значит, использование классических электроракетных двигателей в качестве корректирующих на спутниках малой массы является нерентабельным. Для решения проблемы использовалась альтернативная концепция ЭРД, работающего на атмосферных газах, забираемых из внешней среды.

Использование атмосферной среды в качестве рабочего тела ЭРД нельзя назвать кардинально новой идеей в науке. Данной тематике посвящено определенное количество работ, существуют патенты, а также были испытаны опытные образцы изделий. Однако при использование атмосферного ЭРД в качестве основы двигательной установки низкоорбитальных космических аппаратов остается вопрос, может ли современная техника быть использована с этой целью. Среди проблем особым образом стоит отметить использование конструкционных сплавов способных длительное время работать в агрессивной коррозионной среде атомарного и молекулярного кислорода, а также создание воздухозаборного устройства. Для эффективной работы электроракетного двигателя, в его газоразрядной камере необходимо создать концентрацию рабочего тела, значительно превышающую концентрацию молекул в невозмущённой среде на низких орбитах. Использование устройства забора атмосферных газов предназначено не только направлять атмосферную среду в камеру двигателя, но и повышать концентрацию за счет двух факторов. Во-первых, за счет торможения потока, входящего в воздухозаборник. Во-вторых, за счет геометрии воздухозаборника вероятность попадания молекул из атмосферы в камеру двигателя значительно превышает вероятность обратного вылета молекул из камеры в атмосферу. Тем не менее, несмотря на повышение концентрации молекул газа в несколько сот раз, требования высокой плотности сильно ограничивает возможность функционирования ЭРД на низких орбитах.

В лабораториях МАИ и НИИПМЭ проводились эксперименты на разработанном макете высокочастотного ионного двигателя. Был проведен анализ режимов работы двигателя на газах, входящих в состав атмосферы на концентрациях, имитирующих условия функционирования ЭРД на низких опорных орбитах.

Отличия деградации мощностных характеристик солнечных батарей в зависимости от типа используемых фотоэлектрических преобразователей

Урнов С.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Надирадзе А.Б.
МАИ, каф. 208
nadiradze@mai.ru

Большинство современных космических аппаратов в качестве источника электрической энергии используют солнечные батареи. Такое широкое распространение солнечные батареи получили за счет своей надежности и простоты использования.

В настоящее время на космических аппаратах применяются солнечные батареи следующих типов: на основе монокристаллического кремния, GaAs и трехпереходные GaInP\GaAs\Ge. Выбор между представленными типами солнечных батарей зависит от назначения космического аппарата. Солнечными батареями из монокристаллического кремния в основном оснащаются космические аппараты функционирующие на низкой опорной орбите. Трехпереходные солнечные батареи в основном применяются на космических аппаратах, предназначенных для геостационарной орбиты.

В процессе эксплуатации на солнечные батареи воздействуют негативные факторы космического пространства, одним из которых является воздействие плазменной струю двигателей коррекции.

Одним из результатов воздействия плазменной струи на солнечные батареи является образование рельефа на поверхности защитных стекол. Наличие поверхностного рельефа негативно сказывается на мощностных характеристиках солнечных батарей. При

этом уровень падения мощностных характеристик для различных типов солнечных батарей будет отличаться.

Отличие уровня падения мощностных характеристик обусловлено типом используемых фотоэлектрических преобразователей. Например ухудшение прозрачности на диапазоне длин волн от 1300 нм не окажет воздействия на солнечные батареи из монокристаллического кремния, при этом в трехпереходных фотоэлектрических преобразователях будет заметно падение мощности из-за того что в этом диапазоне длин волн работает германиевый p-n переход.

Таким образом, при одинаковом результате воздействия деградация мощностных характеристик может заметно отличатся в зависимости от типа используемых фотоэлектрических преобразователей.

Анализ требований и задач, предъявляемых к двигательной установке мягкой посадки современного возвращаемого космического аппарата

Шишков В.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Силуянова М.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
viktorsh01@gmail.com

Возвращение космического аппарата на Землю является заключительным этапом многих космических операций. Как показывает практика, даже с приходом эры мощных цифровых технологий необходимость безопасной доставки на Землю материалов и образцов, получаемых в результате исследований, не снижается. Более того, на новой волне интереса космических держав к пилотируемым миссиям актуальность разработки систем мягкой посадки аппаратов на различные небесные тела только возрастает.

Совершенно очевидно, что по мере расширения масштабов космических полетов будут изменяться схема и конструкция возвращаемых аппаратов, пополняться спектр требований и задач, возложенных на двигательные установки, обеспечивающие безопасность и качество спуска космонавтов и грузов из космического пространства.

А спектр задач поистине широк. Первостепенной задачей двигательной установки мягкой посадки (ДУМП) является значительное снижение скорости подлета возвращаемого космического аппарата (ВКА) к небесному телу. Причем это снижение должно быть достаточно плавным во избежание повышенных нагрузок на экипаж или чувствительные оборудование и материалы.

Высокая кинетическая энергия движения космического корабля обуславливает отделение от него ВКА, как самостоятельной единицы, в целях снижения количества энергии, затрачиваемой ДУМП на его торможение. Но, несмотря на эти меры, количество необходимой для торможения с космических скоростей энергии остается огромной, что накладывает особые требования к мощности ДУМП.

Немаловажны и массовые характеристики ДУМП, входящей в состав ВКА, все по тем же причинам рационализации потребляемой энергии на торможение. Ключевое влияние на них оказывают масса теплозащитных покрытий ВКА, конструкционные материалы, применяемые в ДУМП, масса твердотопливных двигательных зарядов, а так же многие другие массовые переменные.

Особое влияние на конструктивное исполнение ДУМП и задачи, стоящие перед ней, оказывает характер атмосферы (либо ее отсутствие) небесного тела, на которое предстоит посадка ВКА. Например, при посадке на Марс в условиях наличия разреженной атмосферы в совокупности с основной ДУМП возможно использовать и парашюты, что значительно упрощает требования к системе торможения.

При прилунении же вся ответственность за безопасное соприкосновение с поверхностью полностью лежит на ДУМП, поэтому масса топливного заряда, количество и пространственная направленность сопел будут варьироваться в зависимости от характера перевозимых объектов.

Количество параметров, к которым также относятся и угол входа в атмосферу, и угловые скорости ВКА, и его форма, аэродинамическое качество и многие другие, накладывает на разработчика ДУМП по-настоящему сложные и многогранные задачи обеспечения надежности, ресурса и экономичности. Изящность и находчивость, с которой

подходят к проектированию отечественные разработчики позволяют наравне с зарубежными коллегами участвовать в настоящий момент в подготовке пилотируемых миссий на ряд небесных тел Солнечной системы. Однако, и зарубежные, и отечественные планы по освоению ближнего космоса объединяет востребованность в высокотехнологичной и эффективной системе мягкой посадки, наличие которой позволит успешно их выполнить в ближайшие десятилетия.

Автоматизация технологического процесса изготовления трубопроводов двигателей летательных аппаратов

Ярцев Е.Н.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Назаров В.П.
СибГАУ, каф. ДЛА
yartseven.akruks@gmail.com

Проектирование, изготовление и монтаж трубопроводных систем двигателей летательных аппаратов (ЛА) являются сложными задачами, связанными с размещением участков магистралей трубопроводов в ограниченных пространствах.

К трубопроводам предъявляются высокие требования по прочности, жесткости, герметичности, коррозионной стойкости, а также по геометрической точности и состоянию поверхности. В соответствии с заданными нагрузками и условиями эксплуатации основными материалами для изготовления трубопроводов являются легированные хромоникелевые стали, алюминиевые сплавы, титановые сплавы и другие материалы с высокими физико-механическими характеристиками.

Основная методика, по которой разрабатывается комплект технологической документации на изготовление и монтаж трубопроводов, описана в отраслевых стандартах и подразделяется на несколько этапов: создание полномасштабного макета двигателя; создание по изготовленному макету эталонных трубопроводов; изготовление штатных трубопроводов по эталонам; монтаж. Данная методика имеет несколько недостатков: высокая трудоёмкость; неизбежность подгибки при монтаже; необходимость выделения больших площадей под хранение эталонов и макетов.

Одним из путей решения указанных проблем является внедрение в технологический процесс производства трубопроводов комплексной автоматизированной системы, которая основывается на работе оборудования (трубогибочных станков, станков для формообразования законцовок с числовым программным управлением (ЧПУ), контрольно-измерительного оборудования (КИМ)) с электронной технологической документации. Это позволит: исключить сложный, дорогостоящий и трудоемкий процесс эталонирования трубопроводов; повысить точность изготовления трубопровода; исключить операцию подгибки по месту; исключить влияние субъективного человеческого фактора на основных этапах работ; усовершенствовать технологию изготовления трубопроводов и их монтажа в составе двигателя за счет перехода на работу с 3D-моделью и визуализации процесса монтажа с установленной последовательностью сборки; создать и хранить конструкторско-технологические данные о каждом трубопроводе в электронном виде в единой базе данных.

Исходные данные (геометрические параметры, конфигурацию) для автоматизированной системы можно получить двумя способами: измерив эталон-трубопровод с помощью современных КИМ (наиболее подходит для внедрения системы на этапе серийного изготовления); получив геометрические параметры трубопровода из созданной конструктором 3D-модели двигателя.

На следующем этапе необходимо создать управляющую программу (УП) для осуществления гибки трубы на станке с ЧПУ, для чего может использоваться специальное технологическое программное обеспечение (ТПО). Такое ТПО позволяет в автоматическом режиме на основе предоставленных данных разработать УП для станка. Затем после передачи УП на станок осуществляется гибка трубы с последующим контролем конфигурации при помощи КИМ. В случае успешного прохождения операции контроля труба допускается в дальнейшую работу.

Применение представленной технологической системы позволит исключить сложный и трудоемкий процесс эталонирования трубопроводов, снизить долю ручного труда в технологическом процессе производства ЖРД, повысить точность изготовления и сборки трубопровода, исключить необходимость подгибки трубопровода при монтаже, исключить из конструкции двигателя компенсирующие звенья.

Секция «Энергетические системы и их применение»

Влияние электростатических полей на тепловые процессы в условиях вынужденной конвекции газообразного метана

Абдуллин М.Р., Коханова Ю.С., Куимов Е.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Алтунин В.А.
КНИТУ-КАИ, каф.ТиЭМ
yulkoh@yandex.ru

В связи с переходом на газообразные углеводородные горючие и охладители возникает необходимость в изучении и исследовании тепловых процессов в газообразном метане в условиях его естественной и вынужденной конвекции.

Данные по особенностям тепловых процессов в условиях естественной конвекции газообразного метана без влияния и с влиянием электростатических полей были представлены ранее – на 42-х Гагаринских чтениях.

Для исследования тепловых процессов в условиях вынужденной конвекции газообразного метана без влияния и с влиянием электростатических полей была создана экспериментальная установка и рабочие участки. Экспериментальная установка состояла их шестибаллонной батареи с газообразным метаном под давлением 20,0 МПа, вентилей и газовых редукторов, расходомерного устройства (с соплом Лаваля),приборов замера давления и температуры газа, системы взрыво-пожаробезопасности, дистанционного пульта управления с возможностью проведения экспериментов вне экспериментального бокса. Рабочие участки представляли собой стальные трубки (1Х18Н10Т) с внешним диаметром 3,0 мм, длиной 300 мм, которые вставлялись в канал диаметром 10 мм устройства из оргстекла. Внутрь стальной трубки устанавливалась подвижная термопара с отогнутым концом (корольком), что позволяло замерять температуру внутренней стенки в любых ее точках. Газообразный метан проходил через кольцевой канал, омывая внешнюю поверхность рабочей трубки.

Для исследования влияния электростатических полей на тепловые процессы в условиях вынужденной конвекции газообразного метана были созданы такие же рабочие участки, но с двумя соосными иглами, расположенными перпендикулярно сменной стальной трубке в области ее половины длины с расстоянием между остриями 10 мм.

Экспериментальная установка заполнялась источником электростатического напряжения, приборами контроля и системой регулирования.

Первый этап исследований проводился без влияния электростатических полей, а второй – при их включении. Электростатическое напряжение подавалось для каждого эксперимента: 5 кВ, 10 кВ, 15 кВ, 20 кВ, 25 кВ.

Результаты экспериментов показали, что электростатические поля предотвращают процесс осадкообразования и увеличивают коэффициент теплоотдачи на 180%, что массовая скорость прокачки 120 кг/(м^2·с) является граничной, т.е. электростатические поля уже не могут влиять на тепловые процессы. Обнаружены и определены зоны и границы эффективного влияния электростатических полей.

Обоснование основных требований к системе электроснабжения беспилотных летательных аппаратов

Алексеевский Р.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Коханов Р.П.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 91
krp1974@yandex.ru

Анализ задач, которые должна решать современная система электроснабжения (СЭС) беспилотного летательного аппарата (БЛА), позволил обосновать перечень основных требований, предъявляемых к СЭС:

1. Надежность – обеспечение бесперебойности энергоснабжения в режиме нормальной работы, в аварийном и в послеаварийном режиме. Надежность электроснабжения потребителей электроэнергии (ПЭЭ) обеспечивается требуемой степенью резервирования. Резервирование необходимо для успешного выполнения боевой задачи БЛА или его возврата на базу после выполнения этой задачи в послеаварийном режиме. ПЭЭ первой и второй категорий должны иметь резервные источники питания. Питание ПЭЭ третьей категории не требует резервирования.
2. Удобство и простота эксплуатации и монтажа СЭС и ее элементов обеспечивается широким внедрением стандартных унифицированных комплектов и элементов СЭС заводского изготовления.
3. Безопасность и удобство в обслуживании.
4. Поддержание необходимого (надлежащего) качества электроэнергии (КЭЭ) (уровней напряжения, стабильности частоты и т.п.). Обеспечение необходимого КЭЭ существенно определяет и надежность функционирования как самой СЭС, так и потребителей электроэнергии. При обосновании требований к КЭЭ необходимо руководствоваться ГОСТами, регламентирующими допустимое качество.
5. Экономичность. Подразумевается принятие таких технических и организационных решений, которые обеспечивали бы наименьшие из возможных затрат при условии обязательного выполнения всех предыдущих требований. Одновременно СЭС БЛА должна характеризоваться экономичностью в плане ежемесячных и ежегодных затрат и расходов на ее эксплуатацию, обслуживание и ремонт (стоимость материалов и комплектующих).
6. Гибкость. Должна обеспечиваться возможность расширения номенклатуры источников электроэнергии (ИЭЭ) (введения дополнительных, в том числе альтернативных ИЭЭ), а также возможность изменения или увеличения полезной нагрузки БЛА. Возможность увеличения энергетических нагрузок и энергопотребления в течение нескольких лет без капитальной реконструкции СЭС определяется правильностью определения и прогнозирования расчетных нагрузок СЭС, отнесенных к концу указанного периода, и выбором соответствующих проектных решений.

Важные дополнительные требования к СЭС предъявляют ПЭЭ с непрерывным потреблением ЭЭ, требующие бесперебойности питания при всех режимах работы СЭС, и ПЭЭ с резкопеременной циклически повторяющейся ударной нагрузкой (электродвигатели).

Специальные требования к СЭС и электрооборудованию предъявляются при использовании БЛА в различных климатических условиях, например в жарком или холодном климате, в условиях высокой влажности и т.п.

Таким образом, при разработке СЭС БЛА необходимо обосновать широкий перечень требований, учитывая множество различных факторов, которые позволят в полной мере провести моделирование процесса энергоснабжения всех потребителей ЭЭ и осуществить проектирование СЭС. Следует отметить, что выбор системы электроснабжения должен осуществляться на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов. Также при создании СЭС необходимо учитывать категорию ПЭЭ.

Использование светодиодных ламп в целях энергосбережения

Алкасов Д.И.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Голов Р.С.
МАИ, каф. 429
ya.diman55555@mail.ru

В последнее время все большее внимание уделяется проблеме экономии энергетических ресурсов и электрической энергии. Так, например, Федеральный Закон от 23.11.2009 № 261 – ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» устанавливает всю необходимость и важность проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Решением данной проблемы может стать замена газоразрядных и люминесцентных ламп на светодиодные. Они имеют энергопотребление в пять раз ниже, более длительный срок эксплуатации от тридцати до пятидесяти тысяч часов, во время работы их нагрев значительно меньше по сравнению с лампами накаливания. Еще одним преимуществом является то, что они не используют ртуть, поэтому не представляют опасности с точки зрения экологии и здоровья окружающих людей. Соответственно, не требуется специальных условий по утилизации. В данный момент, на территории РФ одновременно используется не менее ста сорока млн. светильников с ртутными лампами низкого давления и порядка тринадцати млн. светильников с ртутными лампами высокого давления. В среднем в одной люминесцентной трубчатой лампе содержится порядка пятидесяти двух мг ртути, для светильников высокого давления данная цифра повышается до шести ста мг. Из минусов светодиодных ламп стоит отметить то, что свет распространяется только в одном направлении, из этого следует, что при проектировании для обеспечения требуемого уровня освещенности это необходимо учесть. Если рассматривать деление на группы по функциональному назначению, то можно обозначить их особенности. Первая группа – светодиодные светильники для дорог, парков и улиц делаются в корпусах с высоким уровнем защиты от пыли и влаги. Вторая группа – светильники, используемые в бытовых условиях. Они должны иметь высокие коэффициенты полезного действия, являться конструктивно безопасными, а так же удобными и выпускаться на невысокие мощности. Третья группа – светильники, эксплуатируемые в офисах и промышленных помещениях. Они должны иметь более высокую мощность для обеспечения требуемой освещенности рабочих помещений. К ним предъявляются требования по поддержанию качества освещения, цветопередаче.

Анализ факторов, определяющих технические требования к системе электроснабжения беспилотных летательных аппаратов

Амелин М.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Коханов Р.П.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 91
krp1974@yandex.ru

Анализ задач, которые должна решать современная система электроснабжения (СЭС) беспилотного летательного аппарата (БЛА), позволил обосновать перечень основных факторов, влияющих на разработку и проектирование системы электроснабжения. В результате анализа указанных задач и факторов установлено, что при проектировании системы электроснабжения БЛА наиболее значимыми из них являются:

– перечень, напряжение питания потребителей и потребляемая мощность отдельных ПЭЭ;

– категория надежности питания отдельных ПЭЭ;

– периодичность и продолжительность включения нагрузок (особенно мощных потребителей);

– характер нагрузок;

– размещение ИЭЭ и ПЭЭ на борту БЛА;

– число, расположение, мощность, напряжение и другие параметры основных источников ЭЭ;

– число и мощность дополнительных, в том числе альтернативных ИЭЭ;

– требования к защите источников и приемников ЭЭ, в том числе по ограничению токов КЗ, условиям выполнения простой и надежной релейной защиты автоматики, телемеханики и др.;

– требования к управлению источниками и приемниками ЭЭ;

– требования к управлению и регулированию параметрами питания ПЭЭ;

– требования по преобразованию ЭЭ для питания всех ПЭЭ и к мощности преобразователей;

– требования к устойчивости СЭС в аварийном и послеаварийном режимах её работы;

– требования к устойчивости СЭС при её работе в различных температурных режимах и т.д;

Таким образом, при разработке СЭС БЛА необходимо обосновать широкий перечень требований, учитывая множество различных факторов, которые позволят в полной мере провести моделирование процесса энергоснабжения всех потребителей ЭЭ и осуществить проектирование СЭС. Следует отметить, что выбор системы электроснабжения должен осуществляться на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов. При создании системы электроснабжения необходимо учитывать категорию приемников электроэнергии.

Повышение надежности работы роторных подшипников скольжения турбонасосных агрегатов ЖРД

Багаутдинов А.Р., Ерзиков А.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Такмовцев В.В.
КНИТУ–КАИ, каф. ТиЭМ
scooter_sasha@mail.ru

Совершенствование современных ЖРД ставит перед конструкторами ряд задач, направленных на увеличение полезной массы, выводимой в околоземное пространство, при ограниченных габаритах космического корабля. Применительно к турбонасосным агрегатам (ТНА) эти массогабаритные ограничения приводят к тому, что смазка подшипников ТНА ЖРД осуществляется, как правило, компонентами топлива. При использовании в качестве опор ротора гидростатических подшипников (ГСП) скольжения их несущая способность и динамические характеристики зависят от давления подачи смазки, величина которого определяется режимом работы насоса ТНА на различных оборотах.

Очевидно, что на некоторых режимах работы, например, на режимах запуска и останова давление подачи смазки будет недостаточным для создания требуемой несущей способности, что повлечет за собой контактирование рабочих поверхностей вала и ГСП, и, как следствие, приведет к повышенному износу подшипников. Возможным вариантом повышения надежности работы ГСП на этих режимах является их использование в составе совмещенной опоры (СОП), которая может включать в себя дополнительный подшипник качения или демпфирующий элемент, компенсирующие снижение несущей способности ГСП.

Другое направление, требующее повышенного внимания для обеспечения высокой надежности работы ТНА ЖРД, является улучшение их вибрационных характеристик. Основное внимание здесь уделяется режимам работы, возникающим при переходе через критические обороты. На этих режимах возникает разбалансировка ротора, которая сопровождается повышенными радиальными нагрузками и увеличенным прогибом ротора, в результате чего происходит нарушение бесконтактной работы триботехнической системы ТНА. Решение данной проблемы лежит на пути рационального выбора

жесткости и посадок рабочих поверхностей крыльчатки насоса и вала, а также использованием эффективных демпфирующих элементов.

Следует отметить, что на пути улучшения вибрационных характеристик ротора ТНА, недостаточное внимание уделяется физическим процессам течения смазки в элементах ГСП: камеры, в которые подается смазка для создания гидростатического эффекта; продольные, расположенные между камерами, и поперечные, примыкающие к торцам камер, перемычки, на которых реализуется гидродинамический эффект. В КНИТУ–КАИ им. А.Н. Туполева экспериментально установлено, что при центральном подводе смазки в каждую камеру радиального ГСП на периферии камер происходит снижение давления на 20-30% относительно величины давления над местом подвода смазки в камеру. Причем это явление происходит как при неподвижном вале, так и при вращении. Кроме того, в углах камер, через которые на рабочую поверхность выходит суммарный поток, образованный расходным потоком под действием давления подачи, и окружным потоком, возникающим в результате вращения, образуются зоны разрыва смазочной пленки. Было замечено, что при увеличении скорости вращения происходит рост этих зон в направлении торцов ГСП до их смыкания. В этот момент происходит выравнивание давления в камере с давлением по торцам подшипника и схлопывание зон разрыва смазки, что сопровождается кавитационными явлениями, усиливающими вибрацию ротора. Для устранения этих явлений предлагается методика расчета оптимальной формы камеры с учетом геометрических и режимных факторов, а также выполнение в теле ГСП внутренних каналов, соединяющих центр камеры с ее торцами.

Универсальная энергетическая установка

Виноградова Е.В., Гурьев Э.Е., Николаев И.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Зинчук А.А.
МАИ, каф. 203
Guryev_93@mail.ru

Экспертные оценки свидетельствуют, что в нынешнем столетии роль природного газа в энергетике большинства стран будет возрастать. Опубликованные прогнозы свидетельствуют, что к 2030 году потребление газа в мире может удвоиться, а межрегиональные поставки утроиться. В России за 20 лет планируется увеличение добычи природного газа на 27 %, и общий объем добываемого газа будет достигать 750 млрд. куб. м в год. Доля природного газа в мировом топливно-энергетическом комплексе, как ожидается, в первой половине XXI века возрастет до 30 %, а в России к 2017 году составит 58 %.

Повышение энергетического потенциала страны, путем сооружения атомных и гидроэлектростанций, требует высоких бюджетных вложений. Известно, что строительство ГЭС, подобной самой крупной в России Саяно-Шушенской ГЭС (6700 мВт), обойдется государству в несколько миллиардов долларов.

В тоже время, существует частичное решение энергетической проблемы за счет создания маломощных энергетических установок различных типов.

В настоящее время имеется достаточно публикаций, в которых приводятся сведения о качествах и основных принципах работы маломощных энергетических установок. В частности приводятся данные о ресурсах некоторых типах энергоустановок полученных на основе статистического анализа имеющихся на сегодня характеристик. Следует отметить, что в настоящем представлении сравнительных данных различных типов установок, приводятся численные показатели только для установок некоторых типов и которые могут показаться для специалистов недостаточно объективными.

Турбодетандерные установки позволяют использовать потенциальную энергию сжатого газа для выработки экологически чистой электроэнергии без сжигания топлива и получили широкое применение в области переработки природного газа, нефтехимии и энергетики.

В настоящей работе представляются результаты расчетов и предварительного конструкторского поиска облика универсальной турбодетандерной установки (УТДУ).

Установка, работая на магистральном природном газе, не затрачивая его, должна обеспечивать получение электроэнергии.

В данной работе описывается использование турбодетандерной установки в газовой промышленности, её преимущества, а также требование к участку ГРС. Описаны принципиальные схемы зарубежных и отечественных турбодетандеров и турбопривода.

Результаты анализа мировых тенденций развития беспилотных летательных аппаратов стратегического назначения

Зарубин К.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Коханов Р.П.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 91
krp1974@yandex.ru

При решении стратегических задач дистанционного зондирования Земли беспилотные системы, в отличие от спутниковых средств, способны действовать локально, то есть осуществлять наблюдение в заданное время в заданном месте, и находиться там столько, сколько позволяют характеристики носителя, а не параметры орбиты космического аппарата. Основными критическими параметрами при создании разведывательных БЛА являются масса полезной нагрузки и максимальная продолжительность полета. Одним из вариантов решения задачи увеличения продолжительности полета БЛА является предложенное зарубежными специалистами использование альтернативных источников энергии, а именно – солнечной. На основе данной технологии разработан целый ряд экспериментальных образцов летательных аппаратов:

1. БЛА Zephyr запасает энергию солнца с помощью солнечных батарей из аморфного кремния, покрывающих крылья аппарата. Энергия накапливается в литий-серных аккумуляторах. На его счету самый длинный беспилотный перелет – аппарат пробыл в воздухе 336 часов, 22 минуты и 8 секунд на высотах до 21 500 м.

2. Компания Titan Aerospace (США) продемонстрировала прошедший испытания опытный образец БЛА Solara 50. Размеры аппарата составляют 15 метров в длину, размах крыльев — 50 метров, вся свободная поверхность аппарата покрыта солнечными панелями, а батареи помещены в крылья. Аппарат оснащен солнечными модулями общей мощностью 7кВт, которые в течение дня генерируют киловатт энергии, при этом потребителями расходуется меньше половины, а неиспользованный остаток используется для подзарядки аккумуляторов. Для ночного снабжения приборов энергией требуется около 100 Вт мощности. Пятилетний срок жизни аппарата ограничен не надежностью электроники, а гарантированным сроком службы литиевых батарей, питающих винт и бортовую аппаратуру ночью. По сравнению с орбитальными спутниками Solara *универсальнее* и значительно дешевле.

3. Корейский аэрокосмический университет (KAU) и Корейский институт науки и технологий (KIST) подписали меморандум по разработке БЛА, который может висеть в воздухе на высоте 20 километров в течение нескольких месяцев. БЛА будет использовать технологию полета воздушного судна на большой высоте, разработанную KAU, а также технологии от KIST по выработке электроэнергии высокоэффективными солнечными элементами.

4. Компанией Boeing строится самый мощный из всех существующих ныне летательных аппаратов – солнечный беспилотный самолет Solar Eagle («Солнечный орёл»), способный находиться в воздухе без посадки в течение 5 лет. Размах крыльев 122 метра. Вес Solar Eagle будет составлять 1270 кг при грузоподъемности более 450 кг. Используя только энергию солнечных батарей, летательный аппарат сможет развивать скорость в пределах 100-115 км/час и подниматься на высоту более 18 км.

С учетом нынешней компактности основных наборов спутникового оборудования грузоподъемность дронов позволяет устанавливать на них телекоммуникационное и разведывательное оборудование, атмосферные датчики, ретрансляторы, заменяющие, вышки сотовой связи или беспроводного Интернета, а также аппаратуру для фотосъемки и картографирования. На высоте 20 000 метров поле обзора составляет 45 000 квадратных

километров. Если установить на БЛА базовую станцию сотовой связи, беспилотник сможет обеспечить качественную ретрансляцию связи в радиусе 30 километров, заменив более ста наземных вышек мобильной сети. Стоимость мультиспектральной съемки 1 квадратного километра поверхности с использованием БЛА будет стоить 5 долларов, в то время, как спутниковая съемка такого же участка обойдется в 35 долларов. Учитывая, что даже один аппарат, идущий со скоростью в 100 км/ч, может сделать снимки миллионов квадратных километров, речь идет о радикальном удешевлении процесса. При этом качество снимков поверхности будет не хуже, чем у большинства спутников. Таким образом, БЛА смогут выполнять практически все функции космических спутников, но при гораздо меньших затратах.

Таким образом, сегодня активно осваиваются технологии использования солнечных батарей, как источников электроэнергии для БЛА, способных вести круглосуточное наблюдение за огромной географической областью в течение продолжительного времени. Космическое агентство НАСА, а также ВС США, Великобритании, Германии и Кореи проявляют заинтересованность в их использовании в качестве средств стратегической разведки и телекоммуникации.

Испытания высокоэффективных термоэлектроматериалов и методы повышения их эффективности

Зигангиров А.Н., Кунавин А.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Иванов В.С.
МАИ, каф. 207
azigangirov@mail.ru

Так как солнечные потоки на больших расстояниях от солнца ограничены и делают солнечную энергию непрактичной. Для дальних космических полетов, используются Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РиТэГ). РиТэГ в предыдущих миссиях как Voyager и Cassini базировались на Si-Ge термоэлектрических (ТЭ) материалах. Хотя Si-Ge материалы продемонстрировали более 30 лет надежной работы в космосе, необходимо стремиться к более высокой эффективности преобразования тепла в электричество. Что позволит уменьшить массу загрузки Pu-238 при той же удельной мощности (Вт/кг). Либо повысить массу загрузки с увеличением удельной мощности.

В работе будут определены ТЭ свойства, такие как коэффициент Зеебека, коэффициент термического расширения, коэффициент электрического сопротивления и тепловой проводимости.

Коэффициент добротности $Yb_{14}MnSb_{11}$, превышает 1 при 1273K и является перспективным кандидатом для замены p типа Si-Ge сплава. $La_{3-x}Te_4$ и SKD также являются многообещающими материалы для использования в высокоэффективных ТЭ преобразователях. Для долгосрочной работы $La_{3-x}Te_4$ выбран как n-тип с хорошей термостойкостью до 1273 K, в то время как SKD материалы p и n типа ограничены температурами до 873 K.

Были подготовлены различные ТЭ материалы для испытания на безотказность и надежность. Шайбы из ТЭ материала $Yb_{14}MnSb_{11}$ были размещены в динамической вакуумной печи ($< 1 \times 10^{-5}$ торр) в течении 6 месяцев при 1273 К и 1323 К. После старения ТЭ материалы были изъяты из печи, и проведен анализ места среза контакта материалов. ТЭ свойства измеряются от среза и сравниваются с показателями при начале эксплуатации. Теплопроводность измеряется методом лазерной вспышки в системе Netsch (LFA 457 microflash). Был использован четырехзондовый метод измерения удельного электрического сопротивления. Один зонд был установлен на одной стороне заготовки из ТЭ материала, а другие зонды, сдвигались по поверхности с шагом приблизительно 100 микрометров, до тех пор, пока ток в 1 А проходит через заготовку.

Были выделены следующие методы повышения эффективности ТЭ материала:

- Дополнительное рассеяние фононов
- Искровое плазменное спекание
- Туннелирование носителей заряда через межзеренные границы

Методы подавления сублимации в термоэлектрических полупроводниковых материалах

Зигангиров А.Н., Кунавин А.М.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Афанасьев В.А.
МАИ, каф. 207
am200641@gmail.com

При работе в составе радиоизотопного термоэлектрогенератора (РиТэГа), термоэлектрические (ТЭ) материалы подвержены влиянию сублимации, т.е. – переходу из твердого состояния вещества сразу в газообразное, которая уменьшает КПД и значение коэффициента Зеебека. В связи с чем, необходимо уменьшить влияние сублимации во время эксплуатации энергоустановки.

Подавление сублимации также необходимо для сохранения эффективности термоэлектрического преобразователя и предотвращения загрязнения сублимированными остатками материала во время работы. Большинство ТЭ материалов для производства электроэнергии работают при температурах, где достигается пик сублимации. Это может привести к увеличению внутреннего сопротивления РиТэГ, деградации в КПД и коротким замыканиям. Поэтому необходима разработка методов подавления сублимации для долгоживущих ТЭ генерирующих систем.

В качестве метода подавления сублимации, предлагается использование золь-гель технологий, которые значительно снижают скорость сублимации и продлевают срок эксплуатации ТЭ материалов.

Метод использования золь-гель технологий заключается в нанесении специального покрытия(аэрогеля) которое представляет из себя древовидную пористую структуру из нанопористого аморфного диоксида кремния. Полости в нем занимают 90-99% объема. Аэрогель имеет очень низкую массу, обладает невероятно низкой теплопроводностью, высокой жаропрочностью и твердостью.

При нанесении аэрогеля на поверхность ТЭ материалов, благодаря его пористой структуре, частицы сублимирующих материалов закупоривают ближайшие к поверхности поры, замедляя и подавляя последующую сублимацию ТЭ материалов, повышая теплоизоляцию, КПД и срок жизни ТЭ материалов.

Данный метод является наиболее подходящим для использования в РиТэГах, применяющихся в космических аппаратах, т.к. аэрогель, в сравнении с другими аналогичными защитными покрытиями, имеет преимущество в массе, прочности, и жаростойкости.

Инвариантная система генерирования электроэнергии переменного тока воздушных судов

Ивушкин О.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Напольский В.П.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 91
naplvp@mail.ru

Развитие авиации, повышение скоростей и высот полета, расширение круга ее тактических задач неразрывно связано с процессом совершенствования как самих воздушных судов (ВС) и комплексов их бортового оборудования, так и установленного на них дополнительного высокоточного оборудования, предъявляющего повышенные требования к качеству электроэнергии. Колебания напряжения и частоты в системах электроснабжения (СЭС) могут привести к возрастанию погрешностей измерителей, а иногда и к отказам, которые приводят к срыву выполнения задачи экипажем ВС. Опыт эксплуатации современных ВС показал, что наиболее чувствительными к качеству электроэнергии являются пилотажно-навигационные системы и комплексы, системы автоматического управления и регулирования. Анализ состояния и перспектив развития СЭС показывает, что традиционные принципы построения и управления их работой не позволяют добиться существенного повышения качества электрической энергии.

В СЭС современных ВС основными источниками электрической энергии переменного тока являются бесконтактные синхронные генераторы типа ГТ. Повышение качества электроэнергии возможно при помощи регуляторов напряжения (РН), использующих цифровой принцип обработки информации или использующих закон управления, обеспечивающий инвариантность выходного напряжения по отношению к возмущающим воздействиям.

Для функционирования инвариантной системы генерирования электроэнергии необходимо синтезировать закон управления РН, работающего совместно с ГТ, для чего необходимо составить адекватную математическую модель ГТ, а на основе этой модели составить функциональное уравнение РН с учетом стабилизации выходного напряжения. Инвариантное регулирование предупреждает изменение, отклонение напряжения от установившегося значения напряжения, за счет подачи на обмотку возбуждения возбудителя управляющего сигнала пропорционально изменению частоты вращения вала генератора, который в свою очередь и предупреждает отклонение напряжения.

Из ГТ в инвариантный регулятор поступают сигналы: частота вращения вала генератора; ток в обмотке возбуждения возбудителя; ток нагрузки; фазное напряжение на клеммах генератора. А также с датчиков температуры, давления и вибрации сигналы температуры, атмосферного давления и вибрации. Все эти сигналы обрабатываются инвариантным регулятором, который формирует управляющий сигнал.

Применение воздушно-алюминиевых химических источников тока в авиационной и космической технике

Окорокова Н.С., Пушкин К.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Севрук С.Д.
МАИ, каф. 208, каф. 908.
konstantin-val@yandex.ru

Разработка новых высокоэффективных химических источников тока (ХИТ) является одной из наиболее острых на сегодняшний день проблем для авиационной и космической техники. Одними из наиболее эффективных и энергоемких ХИТ являются кислород-водородные топливные элементы (O_2-H_2 ТЭ). Однако пожаро- и взрывоопасность водорода, трудности его хранения и получения на борту летательных аппаратов (ЛА), а также высокая стоимость подобных энергоустановок (ЭУ) являются препятствиями для широкого применения данных источников тока.

Особое место среди химических источников тока (ХИТ) занимают металл-воздушные ХИТ, в частности на основе электрохимической системы кислород-алюминий (O_2/Al). Это пожаро-, взрыво- и экологически безопасные, механически перезаряжаемые источники многоразового использования с алюминием, как горючим и кислородом, как окислителем, отличающиеся высокими удельными энергетическими характеристиками. Расчётные оценки и накопленный опыт реализации показывают, что в ЭУ на основе O_2/Al ХИТ в зависимости от расходуемых компонентов и исполнения может быть достигнута удельная энергия 200÷450 Вт·ч/кг и удельные мощности до 250-400 Вт/кг.

В космических программах применение ЭУ на основе O_2/Al ХИТ особо перспективно для случаев, когда начало активной работы установки отодвинуто от момента старта на длительный или неопределённый срок. Например, для спускаемых аппаратов для исследования планет, их спутников и астероидов, а также для средств автономного перемещения космонавта (САПК) в космосе.

Проектировочный расчет нового типа ЭУ для САПК с использованием O_2/Al ХИТ позволил определить удельные энергомассовые характеристики подобной ЭУ. Показано, что минимальную массу и самые высокие удельные энергетические характеристики имеет ЭУ, способная обеспечить работу САПК в течение 15-ти 6-ти часовых циклов.

Отличаясь высокими удельными энергетическими характеристиками O_2/Al ХИТ также перспективны для применения на разгонных блоках космических ЛА и при разработке и внедрении способны значительно снизить массу ЭУ для разгонного блока.

В авиации O_2/Al ХИТ целесообразно использовать в качестве аварийных источников, а также для энергоснабжения наземного оборудования, что к тому же экономически целесообразно, ввиду возможности длительного (более 20 лет) автономного хранения подобных ЭУ без необходимости постоянного подзаряда от энергосети, а также без саморазярда и потери энергетических характеристик. В этом случае в таких ЭУ в качестве окислителя используется кислород из воздуха и O_2/Al ХИТ превращаются в воздушно-алюминиевые (ВА).

В качестве основных ЭУ применение ВА ХИТ особо перспективно для малоразмерных беспилотных летательных аппаратов (МБПЛА) с электродвигателем и воздушным винтом. На сегодняшний день одной из главных проблем для таких МБПЛА является продолжительность активного полета, напрямую связанная с энергетическими характеристиками используемой ЭУ.

Разработанный нами прототип комбинированной ЭУ на основе ВА ХИТ позволяет увеличить полетное время МБПЛА в 2-3 раза по сравнению с ЭУ на основе исключительно литий-ионных (литий-полимерных) аккумуляторов, и имеет в 3-4 раза меньшую стоимость, как изготовления, так и эксплуатации.

Отрицательные аспекты практического применения источников энергии, основанных на принципе солнечной фотовольтаики

Петров А.А., Рыбушкин Н.А., Самигуллин Т.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н., Афанасьев А.Ю.
КНИТУ-КАИ, каф. ЭО
samigullin.timur@yandex.ru

Из всех существующих альтернативных источников энергии именно солнечная энергия наносит минимальный ущерб окружающей среде. Ведь никаких прямых вредных воздействий на природу в процессе работы данный вид станций не оказывает. Поэтому сомнениям экологическая эффективность использования готовых солнечных панелей не подвергается. Произведенное солнечными модулями электричество, не влияет на воздушные потоки и воздушные массы. Никаким образом не загрязняет водные ресурсы земли. Исходя из вышесказанного, можно придти к выводу, что получение энергии с помощью солнечных модулей не имеет минусов. Действительно ли это так? Почему же тогда этот вид преобразования энергии не используется повсеместно?

Существенным, и возможно единственным, реально опасным эффектом получения данного типа энергии является образование некоторого количества опасных токсичных веществ и химикатов, к примеру, кадмия и мышьяка, которые неотъемлемо используются при изготовлении солнечных модулей. Так же, производство солнечных батарей неотъемлемо связано с использованием токсичных газов, взрывоопасных летучих веществ, канцерогенных реагентов и коррозийных жидкостей. Но если рассматривать данный вопрос в глобальных масштабах и сравнивать данный тип энергополучения с другими, то эти отрицательные эффекты минимальны по своему объёму,в случае если есть заранее продуманная тактика в планепереработки, повторного использования элементов энергоустановок и надлежащей утилизации непригодных частей. Выбросы в атмосферу в ходе производственного процесса приблизительно равны 0,02 грамма теллуридла кадмия в расчете на Гигаватт\час электроэнергии, произведенной за полный жизненный цикл службы солнечной батареи, что является очень низким показателем. Теллурид кадмия, используемый в солнечных панелях, по факту оказывается значительно безопаснее, чем все остальные виды батарей из кадмия, используемых в настоящее время, включая самые распространенные - никель-кадмиевые.

Еще один “минус” можно рассмотреть на примере изготовления пятидесяти (50) Мегаватт электроэнергии. Так, производство заданного количества Мегаватт энергии с использованием газосжигательных установок потребует примерно от двух до пяти акров земли. Но чтобы получить эту же энергию с помощью солнечных панелей придется покрыть около тысячи акров земли этими установками (при наиболее оптимистичном расчете в получении десяти (10) ватт на квадратный метр или же 5% эффективности при

максимальной выработке). Таким образом, несмотря на все плюсы солнечной энергетики, и солнечных панелей в частности, у данных установок есть и существенные минусы, связанные с экологическими воздействиями на природу при производстве и воздействиями на окружающую среду в процессе эксплуатации. В случае решения ряда проблем с эффективностью использования и экологичности производства, данная отрасль энергетики станет одной из наиболее перспективных.

Исследование влияния перспективного органического ингибитора коррозии алюминиевого анода на характеристики гидронного химического источника тока

Рыжова Е.С., Цой А.В.
Научные руководители – ст. преподаватель, к.т.н. Пушкин К.В.
доцент, к.т.н. Севрук С.Д.
МАИ, каф. 208.
lishen-rishowa@yandex.ru

На сегодняшний день из-за катастрофического уровня загрязнения окружающей среды (особенно в больших городах) использование водорода, как источника энергии становится все более и более актуальным. Водород является одним из немногих экологически безопасных горючих, способных в реакции с кислородом выделять большое количество энергии - 119,0 МДж/кг (33,1 кВт·ч/кг), при этом в качестве продуктов реакции образуется чистая вода. Экологическая безопасность как исходных веществ (водород и кислород), так и продуктов реакции (вода), огромные запасы водорода в составе водных ресурсов планеты, а также высокая эффективность непосредственного преобразования химической энергии в электрическую в кислород-водородных топливных элементах (O_2-H_2 ТЭ), - обуславливают высокие перспективы как для развития водородной энергетики, так и для водорода, как источника энергии будущего.

Одной из главных проблем, ограничивающей широкое применение энергоустановок (ЭУ) на основе O_2-H_2 ТЭ, является проблема хранения водорода. При газобаллонном способе хранения (в газообразном состоянии под высоким давлением) энергомассовые характеристики всей ЭУ существенно снижаются, а при использовании композитных баллонов также значительно возрастает и стоимость. Хранение водорода в криогенном состоянии также имеет повышенную стоимость и, кроме того, жесткие технологические ограничения, что неудобно в большинстве случаев. Газобаллонное и криогенное хранение водорода имеют высокую пожаро- и взрывоопасность, так как в системе находится чистый водород. Существуют безопасные способы хранения водорода, - автономные установки генерирования водорода непосредственно на месте потребления.

Гидронный химический источник тока (ХИТ), использует в качестве горючего алюминий, а в качестве окислителя воду из электролита и в процессе работы вырабатывает одновременно и электроэнергию и водород. В предыдущих исследованиях показано, что гидронный ХИТ может быть эффективно использован в качестве электрохимически управляемого источника водорода (с удобным и простым способом регулирования скорости выделения водорода) для ЭУ на основе O_2-H_2 ТЭ. Применение гидронного ХИТ совместно с O_2-H_2 ТЭ, - является эффективным для автономных ЭУ на основе O_2/H_2 ТЭ, так как имеет меньшую массу системы по сравнению с газобаллонным хранением, меньшую стоимость и полную пожаро- и взрывобезопасность.

Предыдущие исследования показали, что в гидронном ХИТ не эффективно применять ингибитор коррозии алюминия, считавшийся ранее наиболее эффективным для ХИТ с алюминиевым анодом – станнат натрия (Na_2SnO_3), ввиду сильного негативного влияния этого ингибитора на катод. Более перспективный ингибитор для гидронного ХИТ был найден среди органических соединений: 0,08 М тартрат-ион (анион винной кислоты).

Одним из наиболее эффективных катодов для гидронного ХИТ в предыдущих исследованиях определены катоды с каталитическим покрытием NiP_x (МЭИ, Россия). В этой работе было проведено экспериментально-теоретическое исследование возможного негативного влияния ингибитора на основе тартрат-иона на каталитическую активность катода с покрытием NiP_x. Определено, что негативное влияние данного ингибитора на

поляризационные характеристики катодов с покрытием NiP_x отсутствует. Это позволило для гидронного ХИТ определить новую, наиболее эффективную комбинацию рабочих компонентов «анод-электролит-катод»: «А995 – 4М КОН+0,08М тартрат-ион – NiP_x».

История развития турбонаддува

Суламанидзе А.Г., Яковлев М.М.
Научный руководитель – ассистент, к.т.н. Гимбицкий А.В.
КНИТУ-КАИ, каф. ТиЭМ
Duck878@yandex.ru

История развития наддува началась совместно с постройкой первых двигателей внутреннего сгорания. Уже первые конструкторы ДВС пришли к выводу, что предварительное сжатие воздуха, нагнетаемого в камеру сгорания позволило бы получить прибавку мощности. В 1885 году Готлиб Даймлер получил патент на систему наддува двигателя с принудительным зажиганием. Заметного повышения эффективной мощности добился Рудольф Дизель в 1896 г.. В начале 20 века наддув слабо развивался, по причине технологичного отставания в областях материаловедения и машиностроения. В 1905 году изобретение Альфреда Бюши заложило основы турбонаддува. Суть идеи была в использовании турбины с компрессором и энергии потока выхлопных газов. До конца Второй мировой войны был период механического наддува. Турбонагнетатели в большей степени использовались в мощных двигателях, установленных на кораблях и стационарных силовых установках. Наддув позволил решить проблему потери мощности авиационных двигателей на больших высотах полета. В дальнем бомбардировщике Пе-8 один из пяти двигателей с высоким наддувом работал в качестве привода дополнительного компрессора, включающегося только на больших высотах. К моменту начала Второй мировой войны в СССР начали устанавливать на подводные лодки отечественные дизельные двигатели с турбонаддувом. В конце 40-х годов наддув уже использовался в отечественных локомотивах. Серийное производство дизельных двигателей с наддувом началось в 60-х годах, их устанавливали на тяжелые грузовые автомобили-вездеходы, трактора. В этих дизелях использовался турбокомпрессор ТКР-9.

Сегодня наддув используется практически во всех дизельных моторах, в судах, силовых установках и энергетических установках, в авиации. Сегодняшний уровень технологии позволяет оснащать турбонаддувом атмосферные двигатели и практически все дизельные двигатели. Следует упомянуть, что сегодня проводятся эксперименты с электротурбинами. Они не понижают мощность двигателя и показывают сравнительно лучшие значения на малых оборотах, так как колесо компрессора вращает электромотор. Так же появились конструктивные улучшения, такие как крыльчатка с изменяемой геометрией и твинскролльная горячая «улитка». По причине разной геометрии крыльчаток получается максимальная тяга на всем диапазоне оборотов, чем сводится на нет так называемая «турбояма». Улучшаются газодинамические характеристики системы. Изменяемая геометрия лопаток турбины обеспечивает наиболее эффективное падение газов на турбинное колесо.

В настоящее время требованиями для любого двигателя стали растущие требования по экологической чистоте, сниженной токсичности при достижении наилучшей экономичности и высокой мощности. В настоящее время наддув является весьма актуальной темой в связи с ростом потребности в мощных и компактных двигателях. Доля двигателей с наддувом стабильно растет, ведущие компании мира уделяют этой теме особое внимание и поэтому нужно проводить исследования в этой области.

Для решения существующих проблем на кафедре теплотехники и энергетического машиностроения КНИТУ-КАИ был спроектирован стенд для исследования и оптимизации характеристик турбокомпрессора.

Определение характеристик турбокомпрессора

Суламанидзе А.Г., Яковлев М.М.
Научный руководитель – ассистент, к.т.н. Гимбицкий А.В.
КНИТУ-КАИ, каф. ТиЭМ
pro-mixan@ya.ru

В современном мире важной задачей является улучшение экологических показателей поршневых двигателей при сохранении мощности. Существует ряд способов повышения мощности двигателей, но самым эффективным является турбонаддув двигателя. Так как турбонаддув позволяет увеличить мощность двигателя без увеличения массо-габаритных показателей двигателя. Помимо эффективного увеличения мощности двигателя, огромным плюсом турбонаддува является его экономичность и чистота выхлопа.

Принцип работы турбонаддува довольно прост, он основан на том, что при увеличении плотности воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, эффективная мощность значительно повышается. Главным элементом конструкции турбонаддува является турбокомпрессор. Отработавшие газы попадают на рабочие лопатки турбины. Диск турбины находится на одном валу с рабочим колесом компрессора. Тем самым поток отработавших газов, раскручивая турбину, раскручивает и колесо компрессора. Компрессор втягивает воздух и нагнетает его. Воздух поступает в цилиндры двигателя под давлением, тем самым увеличивается объем сгораемой смеси с воздухом. Следовательно, увеличивается и объем образовавшегося газа, который с большей силой давит на поршень.

Для повышения технико-экономических показателей турбокомпрессора совместно с двигателем необходимо четко знать характеристики установки. Для этого на кафедре «теплотехники и энергетического машиностроения» сконструирован стенд для проведения исследований характеристик турбокомпрессора.

Схема стенда для испытаний представляет собой стойку и расположенным на ней корпусом турбокомпрессора. Воздух, поступая из сети в трубопровод, нагревается в нагревателе. После чего нагретый воздух очищается в фильтре и затем поступает в турбокомпрессор. Заслонка на входе в турбокомпрессор позволят регулировать подачу воздуха в систему. Параметры воздуха (температура и давления) замеряются непосредственно на входе и выходе турбокомпрессора с помощью датчиков полного и статического давления хромель-аллюминиевых термопар. Расход воздуха контролируется расходомерной диафрагмой.

Для расчета и построения характеристик стенда в ходе эксперимента измеряются следующие параметры:

- избыточное давление воздуха на входе в турбину
- статическое давление на выходе из турбины
- избыточное давление воздуха перед расходомерной диафрагмой
- температура воздуха перед турбиной
- перепад давления на расходомерной диафрагме
- частота вращения турбокомпрессора

Проанализировав эти параметры, мы выводим максимально эффективный режим работы турбокомпрессора.

В последние годы главными критериями для любого двигателя стали растущие требования по экологической чистоте, снижению токсичности при обеспечении хорошей экономичности и высокой мощности. Сегодня наддув используется практически во всех дизельных моторах, в судах, силовых установках и энергетических установках, в авиации. Поэтому важно знать и понимать характеристики агрегатов наддува.

Результаты предварительной оценки эффективности энергосистемы беспилотных летательных аппаратов на основе альтернативных источников энергии

Тютин А.Г.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Коханов Р.П.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 91
krp1974@yandex.ru

Как показывают результаты испытаний экспериментальных образцов БЛА, созданных зарубежными специалистами на основе современных технологий использования солнечной энергии, применение в конструкции БЛА панелей из фотоэлектрических модулей (ФЭМ) позволяет полностью или частично обеспечить электроэнергией как силовую установку (электродвигатель), так и установленную на борту полезную нагрузку. При этом величина вырабатываемой солнечными панелями энергии определяется уровнем солнечной инсоляции и технологией производства фотопреобразователей и ФЭМ.

Уровнем солнечной инсоляции принято называть количество энергии солнца (радиации), падающей на поверхность земли. Коэффициент инсоляции выражается, как правило, в кВт-час/м^2, характеризует количество электромагнитной энергии, попадающей на квадратный метр поверхности земли в течение часа, суток, месяца или года и является усредненным значением солнечной инсоляции за определенный период времени. Величину коэффициента инсоляции для каждой местности можно найти по карте солнечной инсоляции, публикуемой в специальных изданиях или на сайтах.

Анализ современного состояния и перспектив развития технологий производства фотопреобразователей, а также достижимых характеристик ФЭМ показал:

1. Поликристаллические (или мультикристаллические) панели на основе кремния – это самый популярный выбор сегодня. К.п.д. таких солнечных батарей 13-15%. В аморфных (или тонкопленочных) поликристаллических панелях к.п.д. составляет 11-13%. Пленки из монокристаллического кремния позволяют достичь к.п.д. в 15-18% (до 20%).

2. Модули батарей, оснащенных минилинзами, многократно концентрирующими солнечное излучение, позволяют достичь к.п.д. в 36%, а стоимость вырабатываемой электроэнергии снизить в полтора раза.

3. ФЭМ с гетероструктурой на основе индия и галлия представляют собой один из наиболее перспективных типов оптоэлектронных фотоприёмников. Солнечный элемент с тонким покрытием InGaN обладает концентрирующей способностью в 43,5 процента. Опытный ФЭМ, содержащий трехслойное светопоглощающее покрытие, состоящее из галлия, индия и мышьяка, перерабатывает в электрическую энергию 44,4% частиц солнечного света, поступающего на слои модуля.

4. Российские ученые ведут работу по созданию гибких полимерных солнечных батарей из полупроводниковой пленки, состоящей из нескольких тысяч слоев, и защитных покрытий с высокой световой проницаемостью. Научный центр прикладных исследований Объединённого института ядерных исследований в Дубне создал фотопреобразователи с КПД 54%. Батарея производит энергию не только в идеальных условиях, но и при пасмурной погоде и, даже, в тёмное время суток.

Зная уровень солнечной инсоляции в конкретном регионе, и имея данные о характеристиках ФЭМ, можно определить величину электроэнергии, вырабатываемой энергоустановкой, построенной на солнечных панелях. Потери при преобразовании полученной электроэнергии по предварительным расчетам не превышают 10-15%.

Таким образом, высокие темпы развития мировых и отечественных технологий производства ФЭМ из фотоэлектрических элементов, а именно появление панелей на гибкой (тонкопленочной) основе и значительное повышение к.п.д. ФЭМ, обусловливают возможность и эффективность использования солнечной энергии для обеспечения питания двигателей БЛА и их полезной нагрузки.

Методы управления бортовой системой электроснабжения ВС с повышенным уровнем электрификации

Шарипов А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Кудрявцев П.С.
МАИ, каф. 301
akbar_sharipov-1990@mail.ru

Для традиционных ВС используются три вторичные энергетические системы: система электроснабжения, гидравлическая система и пневматическая система. Такое построение бортовой системы энергоснабжения самолета (СЭС) не является оптимальным, требует существенных затрат на его эксплуатацию и вызывает значительные трудности при интеграции бортового оборудования. Поэтому для современных самолетов с повышенным уровнем электрификации (СПУЭ) электрическая энергия применяется для питания наиболее энергоемких систем, которые традиционно использовали для своего функционирования гидравлическую и пневматическую энергию: система управления аэродинамическими поверхностями и взлетно-посадочными устройствами самолета; система кондиционирования воздуха; противообледенительная система самолета; система запуска авиадвигателя. Кроме того, следует учитывать, что появление дополнительных потребителей электроэнергии, таких, как силовые электроприводы, приводит к необходимости разработки специализированной вторичной системы их электроснабжения.

Следует отметить, что реализация концепции СПУЭ предполагает существенное изменение облика силовой установки самолета вследствие ликвидации отбора воздуха, устранения привода гидросистемы, интеграции источника электрической энергии с авиационным двигателем и широкого применения электропривода в системах управления. Приведенные выше технические решения требуют высокой надежности и качества функционирования СЭС, которое можно обеспечить только за счет ее гибкой реконфигурации при отказе отдельных элементов и подключения резервных источников питания.

Целью данной работы является разработка методов автоматического выявления потенциально опасных режимов функционирования и алгоритмов управления реконфигурацией бортовой сети электроснабжения перспективного ВС с повышенным уровнем электрификации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– провести анализ состава потребителей энергии СПУЭ для различных режимов полета;

– обосновать рациональную структуру каналов снабжения энергией основных потребителей для разных режимов функционирования;

– выявить информативные показатели неисправностей работы СЭС, а также сформировать основные решающие правила для их распознавания и обосновать методы компенсации возможных отказов;

– разработать структуру аппаратно-программных средств, обеспечивающих диагностику и реконфигурацию сети в рамках технологии интегрированной модульной авионики (ИМА), на основе темпоральной и нечеткой логики.

В рамках проведенных исследований рассматривалась СЭС перспективного ВС с силовой установкой в виде двух ГТД с соответствующими электрогенераторами, обеспечивающих функционирование бортовой сети постоянного повышенного напряжения +-270 В с силовыми центрами аэродинамических сил в виде приводов на базе синхронных электродвигателей. В качестве резервных источников электроснабжения предусматривались аккумуляторная батарея, вспомогательная силовая установка (ВСУ) и аварийная ветровая установка. В режиме нормальной эксплуатации генераторы работают раздельно. При отказе одного генератора происходит автоматическая коммутация. При этом, для обеспечения питания электрооборудования первой и второй категории достаточно одного канала.

Направление «Информационно-телекоммуникационные технологии авиационных и ракетно-космических систем»

Секция «Проектирование радиотехнических устройств»

Исследование и разработка технологических принципов современных покрытий изделий РЭС

Абрамцова В.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Гвоздарёв Р.С.
МАИ, каф. ПМИТиЭ
aiwerahb@mail.ru

В настоящее время в обширной области человеческой деятельности используются аддитивные технологии (3D – печать), в таких отраслях как: машиностроение, медицина и стоматология, приборостроение, робототехника, авиационная и аэрокосмическая промышленность, электроника, архитектура и дизайн, образование и наука, потребительские товары и т. д.

Само собой разумеется, РЭС (радиоэлектронные средства) не исключение, для их изготовления всё чаще и чаще применяются аддитивные технологии.

Радиоэлектронные средства (РЭС) – технические средства, служащие для того, чтобы передавать и (или) принимать радиоволны, которые состоят из одного или нескольких передающих и (или) принимающих устройств либо комбинации таких устройств и включающие в себя различное вспомогательное оборудование.

При разработке и производстве современных наукоемких радиоэлектронных средств (РЭС), сейчас все больше используются аддитивные технологии изготовления корпусов из композитных материалов для радиоэлектронных блоков.

Но в уже существующих технологических принципах имеются различные недостатки и несовершенства, например многие материалы, имеют низкую стойкость к таким факторам как:

- Ультрафиолет
- Запыленность
- Повышенная влажность
- Изменение (скачки) температуры
- Радиационное излучение
- Бактерии и плесневые грибки
- Механические нагрузки (вибрация, удары).

Все эти воздействия внешней среды, оказывают дестабилизирующее или разрушающее воздействие на РЭС, что приводит к несвоевременным поломкам и короткому времени службы радиоэлектронных средств.

Отсюда вытекает острая необходимость в разработки новых технологических принципов нанесения покрытий на изделия и детали, полученные по аддитивной технологии.

В качестве решения поставленных задач предложено тщательное исследование уже существующих технологий и разработка новых технологических принципов современных покрытий изделий РЭС, в соответствии со всеми требованиями. Новые технологические принципы обеспечат надежность и долговечность работы РЭС.

Применение базовых параметрических моделей СВЧ устройств

Азаматова И.Г.
Научный руководитель – старший преподаватель Липатов А.И.
МАИ, каф. ТПРЭС
i.azamatova1@mail.ru

Для создания конкурентоспособной продукции СВЧ устройств в современных условиях необходимо сократить стоимость продукции путем сокращения времени, необходимого на разработку и корректировку конструкторской документации (КД), а также сократить количество конструкторских ошибок. Дело в том, что задача проектирования электронных устройств (ЭУ) состоит не только в выработке определенных технических решений, но и требует значительного количества времени для создания КД.

Устранить этот недостаток возможно, используя технологию синхронного проектирования, в которой соединены важные черты параметрического и прямого моделирования. В синхронной среде модель устройства представляет собой набор граней, а не строится на основе дерева модели. Поэтому для работы с геометрическими моделями, созданными в других САПР, не требуется информация о дереве построения. Импортированная геометрия редактируется с помощью тех же инструментов, что и геометрия, созданная непосредственно в данной среде. Все манипуляции над конструктивными элементами вызовет лишь локальный пересчет модели, а не ее перестроение в целом, так как они не зависят от порядка их создания в модели и фактически являются наборами граней. Ассоциативная связь между моделью и его чертежом, дает возможность моментально вносить изменения в конструкторскую документацию при изменении модели. При этом проектирование СВЧ тракта заключается в достижении поставленных требований в техническом задании с наименьшими усилиями. Подобный подход можно реализовать путем использования параметрических базовых элементов конструкции СВЧ узлов или устройств, а затем и всю конструкцию проектируемого СВЧ тракта, на базе параметрически связанных между собой прототипов. Такой подход позволит значительно сократить время, затраченное на проектирование, а значит и стоимость разрабатываемой продукции. С этой целью в качестве базовых элементов СВЧ тракта были разработаны 3D параметрические модели: делителей мощности и фильтров. Например, рассмотрим трехмерную параметрическую модель полосно-пропускающего фильтра (ППФ) на встречных шпилька, выполненную на связанных МПЛ. Конструкция фильтра полностью определяется количеством (n) резонаторов, их длиной (Ln), шириной (Wn), толщиной (t) и расстоянием (Sn) между ними, которые были использованы в качестве переменных параметров в предлагаемой модели ППФ. Количество резонаторов и их геометрические размеры зависят как от электрических параметров ППФ так и характеристик выбранного материала подложки. Эти параметры в данной модели являются входными, а выходными параметрами - длина, ширина, толщина МПЛ, количество звеньев. В предлагаемой программе для нахождения Ln, Wn, Sn и n использованы внутренние базы данных и аналоговые методики расчета.

Применение базовых параметрических моделей СВЧ устройств позволяет значительно сократить время проектирования СВЧ тракта приемо-передающих устройств.

Анализ ошибок автоматического исключения влияния оснастки при измерениях на векторном анализаторе цепей

Большаков Д.А., Бурдуковская Н.Н.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Антамошкин А.Н.
АО ИСС
bolhakovs@mail.ru

Автоматическое исключение измерительной оснастки (deambedding) при измерении S-параметров получило распространение с развитием современных векторных анализаторов цепей (ВАЦ). Эта удобная функция позволяет получать результаты

измерения в «готовом виде», избавляя исследователя от необходимости вручную выполнять вычисления с преобразованием матриц S-параметров множество раз (по количеству точек в исходном файле *.s2p). При этом данная функция имеет определенные ограничения, становящиеся критичными при исключении измерительной оснастки с большими (более 30 дБ) ослаблениями. В работе авторы описывают опыт по определению границ применимости операции deambedding, приводится анализ причин их существования, а так же предлагается способ устранения данных ограничений.

Операция deambedding работает корректно при исключении измерительной оснастки с затуханием до 30 дБ. При необходимости исключения оснастки с большими затуханиями результат измерения становится недостоверным. Необходимость проводить измерения с такими значениями затухания в оснастке обусловлена спецификой объекта испытаний - бортовой ретранслятор (БРТР) космического аппарата. К особенностям БРТР как объекта испытаний с помощью ВАЦ следует отнести: подключение через входные и выходные направленные ответвители (НО) с типичными ослаблениями порядка 28 дБ, использование тестовых кабелей длиной до 11 м, использование матриц коммутации с ослаблением до 7 дБ.

Для определения границ применимости авторами работы проведен эксперимент по последовательному исключению оснастки с ослаблением 0 дБ – 70 дБ с шагом 10 дБ. При требовании к погрешности измерения 0,5 дБ, погрешность измерения при исключении оснастки 30 дБ, 40 дБ, 50 дБ, 60 дБ составляет соответственно 0,33 дБ, 8 дБ, 18 дБ, 39 дБ. Таким образом, применение операции deambedding делает несостоятельными результаты измерений с ослаблением в оснастке более 30 дБ. Проведенный анализ результатов измерения, а так же алгоритма работы операции deambedding показал, что некорректная работа deambedding вызвана вкладом обратных потерь от высокочастотных соединителей измерительной оснастки. В проведенном опыте при ослаблении 60 дБ параметр S11, определяемый вкладом тестируемого устройства будет не хуже чем минус 120 дБ (даже при полном отражении на тестируемом устройстве), что соответствует КСВн 1,000002. Учитывая. что такое значение КСВн является недостижимым на практике (в диапазоне частот 22 – 23 ГГц хорошим считается значение КСВн 1,2), вклад от соединителей технологической оснастки является более существенным, чем вклад от БРТР, что отражается на результатах работы deambedding.

Возможным решением проблемы исключения оснастки с ослаблением более 30 дБ может являться обработка *.s2p файлов, используемых для deambedding. Обработка заключается в «подмене» значений S11 и S22 на очень низкие (например, минус 200), что практически исключает их влияние на конечный результат. Данный способ приемлем только в случае, когда оснастка широкополосная (по отношению к полосе последующих измерений, как в случае с БРТР), и не имеет в полосе измерения режекции. Т.е., если требуется исключить из измерения, например фильтр с ярко выраженной вне- и внутри-полосной режекцией, результат может быть недостоверным.

Применение описанного в работе способа позволило минимизировать погрешности измерения при исключении 30 дБ, 40 дБ, 50 дБ, 60 дБ, 70 дБ до значений соответственно: 0,06 дБ, 0,06 дБ, 0,08 дБ, 0,12 дБ, 0,27 дБ.

Методика измерения коэффициента экранирования ВЧ соединителей МПН без демонтажа

Большаков Д.А., Бурдуковская Н.Н.
СибГАУ, каф. ЭТТ
aliskam@bk.ru

При передаче сигналов высокой мощности важен вопрос воздействия паразитного электромагнитного поля на оборудование модуля полезной нагрузки (МПН). В условиях космического пространства данная проблема особенно актуальна, по причине отсутствия возможности выполнения работ по ремонту неисправного оборудования.

Таким образом, электрогерметичность для МПН одна из важнейших характеристик. Использование методики оценки защищенности современной аппаратуры

космического аппарата (КА) от факторов космического пространства и взаимного влияния оборудования КА необходимо для полной проверки готовности МПН к работе на орбите.

Электрогерметичность – это характеристика, определяющая экранирующие свойства ВЧ радиотракта, как с точки зрения влияния помех на работу оборудования (radiosusceptibility, RS), так и с точки зрения создания оборудованием паразитного электромагнитного излучения (radioemission, RE).

Проверка коэффициента экранирования ВЧ соединений спутниковых МПН проводится на этапе автономной отработки МПН, на заводе-изготовителе. В ходе испытаний проверяется соответствие эффективности экранирования ВЧ соединений, выполненных во время монтажа ВЧ трактов и оборудования МПН требуемой величине.

Первым этапом является проверка выходной секции на радиоизлучение (RE). Испытания на RE проводятся на низком уровне усиления в режиме насыщения для обеспечения максимальной энергетики полезного сигнала. Фиксируются уровни сигнала вблизи ВЧ соединений на участке тракта после усилителя мощности (УМ).

Необходимо определить взаимное положение передающих антенн и панелей МПН. Далее вычисляется напряженность поля на панелях МПН приходящая с рефлекторов антенн и затухание на панелях. После этого необходимо рассчитать мощность с каждой панели КА. Полученные данные позволяют произвести расчет коэффициента эффективности экранирования.

Под выходной секцией МПН понимаются ВЧ тракты МПН от входов канальных усилителей до выходных направленных ответвителей.

Анализ результатов RE испытаний заключается в определении мощности утечки от ВЧ оборудования МПН, учитывая геометрические и электрические характеристики МПН.

Измерение уровня мощности помехи $P_{пр}$ для RE испытаний целесообразно производить на центральной частоте канала. Данные измерения проводятся с целью определения качества ВЧ соединений выходной секции МПН.

Второй этап включает в себя проверку входной секции на радиовосприимчивость (RS). На данном этапе следует использовать высокий уровень усиления для обеспечения максимальной чувствительности к внешней помехе.

Внешняя помеха с КВП подается со смещением на 100 кГц относительно несущей, для возможности оценки отношения помехи к несущей частоте на выходе МПН.

Расчет проводится для ВЧ соединений входной секции для соединений, расположенных между направленными ответвителями и входами УМ.

Под входной секцией МПН понимаются ВЧ тракты от входных направленных ответвителей до входов в УМ.

Оценка результатов измерений проводится путем сравнения полученных значений с предельно допустимыми для оборудования, входящего в состав МПН. Разработанная методика позволяет на этапе автономных испытаний МПН сделать вывод о электрогерметичности МПН, исключив, таким образом, паразитное взаимное влияние активного оборудования.

Аппаратно-программный комплекс контроля параметров зондирующего сигнала в бортовой аппаратуре РСА

Булыгин М.Л.
Научный руководитель – к.т.н. Орлов В.П.
МАИ, каф. 403
Bulygin04@gmail.com

Одним из направлений развития современных радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА) космического базирования является повышение разрешающей способности радиолокационных изображений (РЛИ). Получение качественных высокодетальных РЛИ требует предъявления высоких требований к бортовой аппаратуре в части формирования зондирующего сигнала. Поэтому одним из ключевых этапов в создании систем РСА является контроль характеристик зондирующего сигнала.

В современных РСА наибольшую популярность нашли сверхширокополосные зондирующие сигналы с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) с максимальной шириной спектра до 600 МГц. Для формирования качественного зондирующего сигнала с ЛЧМ необходимо контролировать огибающую формы импульса не только во временной, но и в частотной области. Так же важную роль при постобработке в РСА имеет фазо-частотные характеристики, нелинейность которой может исказить форму сжатого ЛЧМ импульса.

В рамках работ по созданию аппаратуры РСА создан аппаратно-программный комплекс для оценки характеристик ЛЧМ сигналов. В качестве измерительного оборудования используется многоканальный осциллограф с частотой дискретизации до 100 ГГц. После регистрации импульса, отсчеты передаются в специально созданное программное обеспечение (ПО), которое осуществляет обработку и оценку параметров ЛЧМ сигнала: вычисление спектральных амплитудных и фазовых характеристик, сжатие импульса, сравнение полученных характеристик с идеальным (при заданных параметрах) сигналом.

ПО написано на языке MATLAB с использованием графического интерфейса GUI. Для обработки ЛЧМ применялся ряд встроенных функций, упрощающих написание кода программы и ускоряющих его работу. Операция передачи сигнала в ПО производится осциллографом непрерывно, что позволяет оценивать функционирование аппаратуры в части формирования сигналов на протяжении длительного отрезка времени. Так же ПО имеет встроенные функции, позволяющие проводить коррекцию зарегистрированного сигнала (амплитудное взвешивание, коррекцию квадратур сигнала по фазе и задержке, и т.д.).

Ключевой особенностью аппаратно-программного комплекса является возможность работы как с квадратурными сигналами на видеочастоте (которые формируются в аппаратуре РСА, для этого задействуются два канала осциллографа) так и с модулированными сигналами на несущей частоте (что обеспечивается высокой частотой дискретизации сигнала в измерительном оборудовании). При работе с модулированными сигналами на несущей частоте осуществляется программная квадратурная демодуляция сигнала.

Таким образом, в рамках одного аппаратно-программного комплекса имеется возможность оценки параметров ЛЧМ сигналов на выходе отдельных блоков и всей системы РСА в целом. Использование современного измерительного оборудования позволяет регистрировать сигналы в реальном времени, а специальное ПО – осуществлять обработку, расчет и индикацию характеристик зондирующего сигнала. Основной особенностью созданного комплекса является возможность работы с сигналами как на видеочастоте так и на несущей частоте.

Методические принципы повышения качества планирования опытно конструкторских работ при разработке радиолокационных станций

Гвоздарёв Р.С., Глудкина М.С., Разбаш Р.В.
МАИ, каф. ТПРЭС
gludkina@yandex.ru

В современных условиях усложнения конструктивных особенностей и сжатых сроках разработки современных наукоёмких радиолокационных станций (РЛС), особое значение приобретает повышение качества планирования разработки конструкторской и технологической документации изделий. В связи со сложностью конструктивных особенностей современных изделий, увеличивается количество ошибок при проектировании и производстве изделий. В современных реалиях разработки новых наукоемких изделий появляется необходимость одновременной работы над большим количеством изделий в связи с чем корректировки документации по изделию которое находится в стадии изготовления и испытаний, накладываются на этапы разработки конструкторской и технологической документации изделий находящихся на этапе опытно конструкторских работ (ОКР). В связи с этим повышается сложность планирования

разработки конструкторской и технологической документации и ритмичности производства изделий. В свете этого немаловажную роль приобретает качественное планирование при разработке конструкторской документации и технологической документации.

Повысить качество планирования в условиях усложнения ОКР возможно классифицировав возможные ошибки и применив современные средства поддержки жизненного цикла изделия на этапах проектирования и технологической подготовки производства. Проектирование и создание документации является одним из важнейших этапов создания инновационных изделий, именно на нем формируются новые конструктивные качества, функциональные особенности, внешний вид, эксплуатационные характеристики изделия. Одним из атрибутов грамотного планирования работ, является качественный расчёт трудоёмкости корректировки конструкторской документации. Для более точного определения трудоёмкости корректировки конструкторской документации, высокое значение приобретает классификация возникновения ошибок, которая позволяет также более точно определить сроки и серьёзность последующих корректировок. Статистический анализ трудоёмкости корректировок документации, а также видов ошибок, позволяет принимать оперативные меры необходимые для снижения количества ошибок при разработке последующих изделий.

Базовая трудоёмкость корректировки конструкторской документации определялась раздельно по каждому виду соответствующей стадии разработки.

Расчёт коэффициентов выполнялся путём разработки таблиц с данными, которые постоянно в процессе жизненного цикла изделий корректируются в сторону увеличения либо уменьшения. На корректировку коэффициентов в высокой степени влияет уровень развития предприятия, в процессе совершенствования механизмов управления разработкой конструкторской документации снижается трудоёмкость разработки конструкторской и технологической документации с применением подходов автоматизации, созданием автоматизированных рабочих мест (АРМ).

Исследование теплового режима конструкции модуля усилителя мощности СВЧ

Голубничий А.В., Новиков А.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ушкар М.Н.
МАИ, каф. 404
di-iov@mail.ru

Современный этап развития бортовой радиолокационной системы (БРЛС) беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) характеризуется требованиями снижения их массы при сохранении требований по излучаемой мощности. Это приводит к повышению удельной мощности рассеивания и, следовательно, к повышению температуры радиоэлектронных компонентов. Поэтому, анализ теплового режима модуля усилителя (МУ) СВЧ, который является одним из самых теплонапряженных элементов в конструкции БРЛС, является актуальной задачей.

Существенной особенностью разрабатываемой конструкции, является применение бескорпусных твердотельных усилителей мощности (УМ) 15-18 ГГц - NC11613C-1618P30 METDA рабочая температура которых не должна превышать 85 °С, при условии, что температура окружающей среды 55°С, следовательно, допустимый перегрев ограничен и составляет 20-30°С.

Для обеспечения нормального теплового режима конструкции МУ СВЧ в работе решены следующие задачи:

1) в системе автоматизированного проектирования (САПР) Solid Works разработана модель конструкция МУ СВЧ.

2) разработана расчетная модель конструкции в среде Solid Works Flow Simulation. Это связано с тем, что исходная 3D модель избыточна для проведения теплового анализа и может содержать несущественные с точки зрения моделирования элементы (таблички с заводскими номерами, бирки, гравировки и т.п.). Поэтому исходная 3D модель адаптирована к расчету теплового режима

3) Проведен сравнительный анализ и выбор материалов основания корпуса модуля усилителя СВЧ.

4) Проведены исследования теплового режима при естественном воздушном охлаждении.

5) Выявлена необходимость использования принудительного воздушного охлаждения.

6) Разработана и оптимизирована конструкция радиатора для принудительного воздушного охлаждения.

Проведенные исследования позволили создать конструкцию модуля усилителя СВЧ обеспечивающего нормальный тепловой режим конструкции с плотностью теплового потока не превышающего 1,5 Вт/см2. При этом обеспечивается температура на усилителе мощности NC11613C-1618P30 METDA не более 79°C. Температура основания корпуса МУ СВЧ составляет 70,40°C. Указанные тепловые режимы обеспечиваются при температуре окружающего воздуха 55°C и атмосферном давлении от 50 мм. рт. ст. до 760 мм. рт. ст. Отвод тепла обеспечивается обдувом элементов охлаждающим воздухом с температурой 55°C и расходом до 250м3/час.

Работа выполнена в рамках проекта "Малогабаритная многорежимная бортовая радиолокационная система (ММБРЛС) Ku - диапазона для оснащения перспективных беспилотных и вертолетных систем" выполняемого НЦ СРМ МАИ по заказу Минобрнауки Российской Федерации.

Исследование метода формирования амплитудно-фазового распределения в передающем тракте АФАР с использованием балансного I-Q модулятора

Кнапп И.А.
Научный руководитель – Гурковский А.В.
ОАО Корпорация Комета
ivanknapp@yandex.ru

В данной работе представлено исследование и отработка метода формирования фазы сигнала в передающем тракте АФАР с целью уменьшения погрешности установки направления главного луча, при этом должно быть минимизировано количество задействованных элементов.

Реализация управления фазового сдвига сигнала передающего тракта предполагает использование квадратурного I-Q модулятора, на СВЧ вход которого подается полезный сигнал на несущей частоте, а на I-Q входы два управляющих сигнала. Далее сфазированный СВЧ сигнал поступает на усилитель мощности и излучающий модуль.

Управляющие сигналы представляют из себя аналоговые уровни напряжений, проекции синусной и косинусной составляющих I-Q, формируемых в многоканальном цифро-аналоговом преобразователе (ЦАП). Управление ЦАП обеспечивается контроллером платы на основе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС), который рассчитывает необходимые синусные и косинусные проекции сигнала с нужной фазой. Программирование ПЛИС проводится с помощью программного обеспечения производителя Quartus II.

Управляющие команды на ПЛИС подаются по интерфейсу RS-232 с компьютера. Для этого на компьютере установлены пакеты программ LabVIEW, ориентированные на взаимосвязь между измерительной и управляюемой аппаратурой, сбор, обработку и отображение информации.

Использование балансного I-Q модулятора так же способствует реализации амплитудного распределения сигнала в раскрыве решетки, т.е функционально модулятор заменяет собой фазовращатель и аттенюатор, что означает снижение количества задействованных элементов как минимум в два раза.

Таким образом, оценивая передатчик, получается весьма компактное устройство, включающее в себя ИМС с размерами несколько миллиметров каждая. Благодаря этому представляется вполне возможным разместить передатчик на довольно малой площади.

В данном решении предлагается способ формирования амплитудно-фазового распределения в раскрыве АФАР, при котором за счет использования балансных I-Q модуляторов значительно снижается дискрет смещения фазового сдвига и снижается количество задействованных элементов в передающем тракте АФАР.

Сравнительный анализ методов проектирования цифровых фильтров на ПЛИС

Курмаев Т.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Норкина Н.В.
МАИ, каф. 403
timur95trigan@yandex.ru

Устройства цифровой обработки сигналов (УЦОС) являются важной частью любой бортовой радиолокационной системы. Они используются для формирования модулирующего квадратурного сигнала для зондирующих импульсов, приема и фильтрации оцифрованных отсчетов голограммы, их суммирования с отсчетами других модулей, формирования и оцифровки сигналов и пересылки по скоростным каналам связи.

УЦОС, рассматриваемое в докладе используется в модуле формирования и оцифровки сигналов (МФОС), входящем в состав цифрового радиолокационного модуля. Однако одной из наиболее сложных задач при проектировании блока МФОС является разработка прошивки на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС).

В данной работе проведен сравнительный анализ проектирования на примере цифрового фильтра, так как он является важной частью любого УЦОС.

Для того, чтобы осуществить проектирование фильтра, а впоследствии сравнительный анализ, необходимо провести расчёт коэффициентов передаточной характеристики. Расчет осуществляется в среде MATLAB, при помощи графического интерфейса fdatool. Результатом работы этого модуля является набор характеристик.

В данной работе реализация фильтров проводилась двумя способами:

1. Реализация с помощью IP-блоков.

Реализация фильтра происходит в программе ISE Design Suite 14.7. В данном модуле важную роль играют настройки фильтра, так как они напрямую повлияют на результат.

2. Реализация фильтра на ПЛИС на языке VHDL

Данный метод отличается от предыдущего тем, что вручную описывается интерфейс модуля, характеристики, входные/выходные сигналы, коэффициенты передаточной характеристики, сигналы коммутации, а так же DSP-блок (основной узел, с помощью которого реализуется КИХ фильтр).

Результатом работы являются две таблицы используемых ресурсов ПЛИС. Проверка работоспособности данных методов осуществляется на отладочной плате Kintex 7.

Сравнительный анализ проводится по критериям комплексного показателя качества.

Исходя из результатов сравнительного анализа, можно сформулировать, что оптимальным методом проектирования в рассмотренном случае является метод проектирования цифрового фильтра с помощью IP-блоков.

Особенности энергетического расчета для цифровых космических РСА дистанционного зондирования

Маркова А.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Заковряшин А.И.
МАИ, каф.403
as.markova93@gmail.com

Энергетический расчет приемного тракта цифрового модуля позволяет определить диапазон удельной эффективной площади рассеяния (УЭПР), в котором будет работать

радиолокационный комплекс. В ходе энергетического расчета определяется динамический диапазон сигнала на входе аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с учетом особенностей сигналов в РСА для дистанционного зондирования Земли.

Для обеспечения требуемых характеристик локатор оснащен функцией сканирования по углу места, поэтому принимаемая мощность сигнала будет зависеть не только от УЭПР, но и от угла визирования.

Под сигналом понимается смесь полезного сигнала и шумов приемника. При этом уровень полезного сигнала от подстилающей поверхности (в отличие от ярких целей) много ниже шумов приемника.

Эхо сигналы от протяженной поверхности имеют случайный характер. Огибающая эхосигнала распределена по закону Рэлея, а квадратурные составляющие имеют нормальный закон распределения. Согласно нормальному закону распределения, абсолютная величина отклонения сигнала будет находиться в пределах утроенного среднеквадратического отклонения в 99,73% случаев.

В свою очередь, динамический диапазон АЦП имеет ограничение, обусловленное его разрядностью. Чтобы качество сигнала в результате оцифровки не ухудшалось, он не должен выходить за ограничения динамического диапазона АЦП.

Чтобы шумы АЦП не вносили дополнительных искажений, их мощность должна быть на порядок меньше мощности шумов приемника.

Учитывая все приведенные выше особенности, проведен расчет мощности каждой составляющей сигнала (мощности отраженного сигнала и мощности шумов приемника), получен динамический диапазон сигнала на входе АЦП и диапазон УЭПР, в котором будет работать разрабатываемый радиолокационный комплекс. На основании полученных результатов сформулированы рекомендации для оптимизации работы радиолокационного комплекса.

Применение SEM IP при разработке радиационно стойких цифровых устройств на базе ПЛИС

Муллов К.Д.
Научный руководитель – к.т.н Орлов В.П.
МАИ, каф.403
kmullov@gmail.com

Микросхемы программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) чувствительны к воздействию ионизирующей радиации. Радиационные эффекты в ПЛИС, как и в других классах ИС, проявляются как сбои и отказы. Считается, что основная радиационная угроза современным электронным приборам – это единичные события (Single Event Effects, SEE), вызванные воздействием высокоэнергетических частиц. Существует множество различных методов борьбы с единичными событиями, возникающими в результате воздействия ионизирующего излучения.

Существенное уменьшение объемов выпуска радиационно-стойкой компонентной базы и сокращение на рынке числа фирм-производителей таковой продукции привело к применению в космических аппаратах ПЛИС уровня качества Industrial. Основная причина заключается в том, что цена данной продукции на 1–2 порядка ниже, чем радиационно-стойкой. Также, из-за несовершенства отечественной элементной базы российские разработчики вынуждены применять ПЛИС иностранного производства.

Существует множество различных методов борьбы с единичными событиями, возникающими в результате воздействия ионизирующего излучения, такие как: реконфигурация, резервирование и помехоустойчивое кодирование. Одним из таких методов является применение так называемого SEM (Soft Error Mitigation) контроллера.

Контроллер SEM реализует пять основных функций: инициализацию, инжекцию, обнаружение, исправление и классификацию ошибок. Все функции, кроме инициализации и обнаружения, являются необязательными. Желаемые функции выбираются в процессе конфигурации и генерации IP-ядра.

Контроллер SEM инициализируется путем приведения интегрированной функции обнаружения сбоев в известное состояние после того, как ПЛИС входит в пользовательский режим. После этой инициализации контроллер SEM отслеживает состояние интегрированной ошибки. Когда обнаружена ошибка, контроллер SEM с помощью алгоритмов помехоустойчивого кодирования, оценивает ситуацию, чтобы идентифицировать местоположение повреждённого блока памяти.

Если местоположение можно идентифицировать, контроллер SEM дополнительно корректирует ошибку путем восстановления или замены поврежденных битов. В методах восстановления используется активная частичная реконфигурация для выполнения локализованной коррекции памяти с использованием схемы «чтение-изменение-запись». Эти методы используют алгоритмы для определения ошибки, требующей коррекции. Метод замены также использует активную частичную реконфигурацию с той же целью, но этот метод использует схему только для записи для замены памяти с исходными данными. Эти данные предоставляются инструментами реализации и хранятся вне контроллера SEM.

Контроллер SEM способен классифицировать сбой как существенный или несущественный, используя справочную таблицу. Эти данные также предоставляются инструментами реализации и хранятся вне контроллера.

Используя функцию вставки ошибок, инженеры по верификации и валидации системы могут создавать тестовые сценарии, чтобы гарантировать работоспособность системы в условиях возникновения единичных сбоев.

Схемо-технические решения построения излучающего модуля АФАР X диапазона

Осипова Т.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф-м.н.Савилкин С.Б.
МАИ, каф. ИЛА
kt-mati@mail.ru

Приемо-передающий излучающий модуль (ИМ) представляет собой патч-антенну, действующую в диапазоне рабочих частот и обеспечивающую излучение и прием радиоволн:

– линейной горизонтальной поляризации в диапазоне рабочих частот;

– линейной вертикальной поляризации в диапазоне рабочих частот;

– эллиптической правого направления вращения поляризации на центральной частоте;

– эллиптической левого направления вращения поляризации на центральной частоте.

Коэффициент стоячей волны ИМ на всем участке рабочего диапазона частот не превышает 2.

Структурно ИМ представляет собой многослойную конструкцию, в которой бесконтактными щелями происходит возбуждение полосковых патчей. Патчи изготовлены из материала Rogers 5870 с диэлектрической проницаемостью 2,33, для достижения круговой поляризации два противоположных угла патча срезаны. Расстояние между патчами заполнено материалом RohacellHF51 с диэлектрической проницаемостью 1,08. Нижний слой заземления выполнен в виде алюминиевой пластины по всей поверхности ИМ.

Проведено математическое моделирование ДН ИМ с помощью САПР «CSTMicrowaveStudio». Результаты математического моделирования ДН ИМ представлены в табл.1.

Таблица 1. ДН ИМ

Сечение ДН, град	Δθ по уровню –3 дБ, градус	Ку, дБ
φ = 0	62,3	7,46
φ = 90	63,6	7,48

Конечной целью было моделирование решетки из ИМ размерностью 12х12. ИМ в решетке стоят вплотную друг к другу, поэтому геометрический размер решетки составляет 432х432 мм. Результаты математического моделирования ДН решетки представлены в табл.2.

Таблица 2. ДН решетки

Ширина ДН (-3дБ)	Ку	УБЛ	Число ППМ
2,7°	30дБ	–13 дБ	144

где УБЛ – уровень боковых лепестков, Ку – коэффициент усиления.

Методика проектирования системы воздушного охлаждения БРЭС малоразмерных ЛА

Старенченко А.В.
Научный руководитель – Ушкар М.Н.
МАИ, каф. 404
a.v.star27@gmail.com

Современные БРЭС малоразмерных ЛА характеризуются высокой плотностью компоновки при больших значениях потребляемой энергии, что приводит к значениям плотности теплового потока, примерно, 10-15 Вт/дм³ и, следовательно, необходимости применения систем охлаждения (СО). Такие БРЭС имеют ограниченный набор ресурсов для построения СО: объём и температуру охлаждающего воздуха, ограничения на массу СО и т.д.. Указанные особенности обуславливают повышение температур конструктивных элементов и как следствие снижение их надёжности. В связи с этим, задача проектирования эффективной СО является актуальной.

В настоящее время, существуют работы посвященные: оптимизации распределения воздушных потоков оребенного канала [1], повышение эффективности проектирования системы воздушного охлаждения [2], моделирование систем воздушного охлаждения бортовой авиационной РЭА [3] и другие. Стоит отметить, что в работах рассмотрены задачи оптимизационные задачи для отдельных элементов конструкции, но не всей системы целиком.

Таким образом, в работе рассмотрена методика проектирования системы воздушного охлаждения БРЭС малоразмерного ЛА на ограниченном наборе ресурсов отвода тепла. Задача ставится следующим образом: определить оптимальную структуру воздушной системы охлаждения, обеспечивающую нормальный тепловой режим.

Для решения задачи в работе предлагается следующий алгоритм:

1. Адаптация исходной модели к решению задачи анализа теплового режима.
2. Предварительный анализ теплового режима БРЭС. Анализ выполняется средствами SW Flow Simulation.
3. Определение температуры конструктивных элементов.
4. Построение тепловой модели конструкции БРЭС.
5. Определение эффективности использования охлаждающего воздуха.
6. Формирование N вариантов систем охлаждения удовлетворяющих требования к нормальному тепловому режиму.
7. Расчет оптимальной структуры системы охлаждения с учетом максимального значения эффективного использования охлаждающего воздуха.

1. http://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-orebrennogo-kanala-v-sistemah-prinuditelnogo-vozdushnogo-ohlazhdeniya-rea
2. http://www.nntu.ru/trudy/2013/04/140-149.pdf
3. http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=jr4&art=14405

Моделирование цифрового нерекурсивного фильтра
с последующей генерацией и оптимизацией HDL-кода

Тяпкин П.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Важенин Н.А.
МАИ, каф. 408
tjapkinp@yandex.ru

В настоящее время программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) получили широкое распространение при разработке аппаратуры в следующих областях:

- Аэрокосмическая
- Радиолокация и навигация
- Телекоммуникации
- Информационная безопасность
- Вычислительная техника и информационные технологии
- Цифровая обработка сигналов и т.д.

Генерация HDL-кода является неотъемлемой частью метода модельно-ориентированного проектирования (МОП). Использование этого метода при проектировании различных систем позволило уменьшить размеры конечной аппаратуры, ускорить разработку опытных образцов (в 2 раза) и повысить качество продукта.

Нерекурсивным цифровым фильтром (с конечной импульсной характеристикой) является линейный фильтр, основная особенность которого - ограниченность во времени его импульсной характеристики. Данный тип фильтров широко используется в цифровой обработке сигналов и может быть реализован на ПЛИС.

Целью данной работы является моделирование нерекурсивного фильтра в среде MATLAB/Simulink с последующим получением HDL-кода для ПЛИС несколькими способами и сравнительный анализ эффективности полученных технических решений. Рассмотрим следующие виды генерации HDL-кода:

- С помощью HDL Coder,
- С помощью Filter Design HDL Coder
- С помощью Xilinx System Generator

Первые два метода генерации являются встроенными в MATLAB/Simulink, а последний используется исключительно для ПЛИС фирмы Xilinx. Все они гарантируют получение в конечном виде 100% исправного кода, который можно протестировать с помощью такого симулятора как ModelSim. Код, полученный с помощью System Generator уже адаптирован под нужную нам ПЛИС фирмы Xilinx. Данные виды генерации изначально выдают явно избыточный код, занимающий большое пространство на площади кристалла. Требуется оптимизация кода: компромисс между уменьшением занимаемой площади кристалла и увеличением скорости работы (благодаря увеличению тактовой частоты) в этих методах достигается по-разному.

Проведенная в работе апробация технологии автоматической генерации и оптимизации HDL-кода, а также сравнительный анализ эффективности различных путей решения данных задач могут быть использованы в инженерной практике при разработке устройств цифровой обработки сигналов.

Пространственно-селективный алгоритм реконструкции изображений, получаемых бортовыми оптико-электронными системами

Алейник И.С., Лохвицкий Ф.О.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Самойлин Е.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 54
es977@mail.ru

В настоящее время многие летательные аппараты оборудуются различными бортовыми оптико-электронными системами (ОЭС), позволяющими получать цифровые изображения поверхности Земли, либо воздушных объектов. Причем многие из таких ОЭС способны регистрировать изображения не только в видимом, но и инфракрасном, а также в ультрафиолетовом диапазонах длин волн.

Как известно, получение цифровых изображений с использованием ОЭС, установленных на скоростных и высокоманевренных летательных аппаратах, сопряжено с рядом факторов, одним из которых является возникновение помех в каналах получения изображения вследствие ускорений, вибраций, критических температурных режимов, характерных для мобильных платформ. Практика использования бортовых ОЭС, показывает, что наибольшее распространение получили импульсные помехи (ИП), появляющиеся на цифровых изображениях. Такие ИП представляют собой замену амплитуды сигналов (уровня яркости) отдельных элементов матрицы изображения на случайные значения. Причем распределение таких искажений по пространству матрицы изображения и по уровню яркости априорно неизвестно, как и неизвестно распределение полезных сигналов, так как каждое изображение является уникальным. Именно этот факт стал определяющим в разработке непараметрических методов борьбы с ИП на изображениях, включающих ранговые, градиентные алгоритмы, а также алгоритмы на основе порядковых и знаковых статистик, наиболее известным из которых является алгоритм медианной обработки. Между тем, все известные алгоритмы реконструкции на основе порядковых и знаковых статистик являются неселективными по пространству обрабатываемого поля изображения, что ведет к неизбежным искажениям сигналов, не пораженных помехой.

В этой связи предложен и исследован пространственно-селективный алгоритм реконструкции изображений, искаженных воздействием ИП. Предложенный алгоритм реконструкции представляет собой двухэтапную процедуру, на первом этапе которой осуществляется обнаружение локальных участков изображений, содержащих ИП. На втором этапе используется обработка алгоритмом на основе порядковых либо знаковых статистик, но с тем отличием от известной процедуры, что апертура фильтра прикладывается только к областям, содержащим ИП. Таким образом, разработанный алгоритм должен обладать более высокими точностными характеристиками по сравнению с известными, так как применяется селективно по пространству обрабатываемого поля изображения.

Как показали результаты численных исследований предложенного пространственно-селективного алгоритма реконструкции изображений, он обладает сниженной, по сравнению с известными процедурами, ошибкой реконструкции. Под ошибкой реконструкции какого-либо алгоритма понимается евклидово расстояние изображения, полученного на его выходе, от идеального (незашумленного) изображения. При этом на вход алгоритма подается зашумленное изображение, полученное путем наложения на идеальное ИП с определенным процентом поражения сигналов (интенсивностью ИП). Результаты исследований также показали, что бóльший выигрыш в точности реконструкции для разработанного алгоритма достигается в области низкой интенсивности ИП, что объясняется тем, что в случае незначительного процента ИП на изображении традиционные алгоритмы приводят к бóльшему искажению «чистых» областей изображения.

Совершенствование системы противопожарной безопасности на объектах авиационно-технической службы с использованием технических устройств

Афанасьев Д.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Иванов Н.Г.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 84
dimasummer@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы по совершенствованию противопожарной безопасности на складах авиационно-технической службы с помощью технических средств охраны. Пожар – неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей. В настоящее время должное внимание уделяется сохранности материальных средств. Актуальным стоит вопрос о внедрении ГЛОНАСС, так как на сегодняшний момент спутниковая связь – это единственная технология глобальной телефонии и многопользовательской сети, доступная везде. Система позволяет с высокой степенью точности определять местоположение объекта, направление и скорость его движения. Сети спутниковой связи часто гораздо дешевле вводить в действие, ремонтировать и эксплуатировать, чем наземные сети. Мощные возможности спутников, как средств передачи, делают идеальными для распространения информации, данных, аудио или видео. Видеонаблюдение с использованием сети для обмена данными получило широкое применение. IP камера – это оборудование цифрового типа, которое передает видеоинформацию по специальному сетевому потоку, используя протокол обмена данных. Просмотр информации может осуществляться с любого мобильного устройства или ПК, поскольку для передачи данных используются одни и те же сетевые протоколы. Для расчета суммарного объема жестких дисков, необходимых для хранения архива системы видеонаблюдения достаточно определиться с нужными параметрами и сама система автоматически может выдать характеристики одной или нескольких камер с ее параметрами, которые необходимо для использования в системе охраны и в других мероприятиях. Устройство с помощью специального кодека сжимает видеоизображение и передает его для дальнейшей обработки и вывода на монитор. Центром передачи сигнала служит электронная контрольная панель (ЭКП) с применением встраиваемого GSM-модулем, которая анализирует состояние датчиков, и при необходимости могут запустить систему пожаротушения. Остальные датчики как блок индикации, датчик пожарной сигнализации, IP-камера взаимодействуют с ЭКП. При фиксировании пожара посылают сигнал в ЭКП, а оттуда сигнал непосредственно переходит в спутник. В перспективе данная система противопожарной безопасности будет совершенствоваться, и дополняться новыми более эффективными техническими средствами для предотвращения пожаров. Установив систему в хранилищах, складах, необходимо, чтобы личный состав, находящийся в них знал правила обращения с пожарной сигнализацией, а также свои действия в случае возникновения пожара. По совершенствованию разработки противопожарной охраны складов авиационно-технической службы будет рассматриваться вопрос об экономической выгоде, насколько это система эффективна и экономически выгодна для нужд МО РФ. Используя такие системы, МО РФ в итоге предотвратит многомиллионный материальный ущерб, который может причинить пожар.

Применение процедуры пересечения для демодуляции сигналов

Болдырев А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Рюмшин Р.И.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 54
volkovalexey1984@mail.ru

Задача повышения функциональной устойчивости РЭС в условиях помехового и силового воздействия может в ряде случаев эффективно решаться путем нелинейной обработки сигналов в приемном тракте. Определенные возможности в этом направлении можно ожидать от применения в алгоритмах обработки процедуры пересечения ∩ над

входными функциями произвольного вида. Одна из входных функций может являться опорным сигналом. Под опорным следует понимать компоненты импульсной характеристики, коэффициенты круговой или цифровой сверток и др. Операция ∩ сводится к выделению меньшего по абсолютной величине из входных значений, при этом знак результата определяется произведением знаков входных величин. В целом ряде радиотехнических приложений операция умножения может быть заменена операцией ∩ и, таким образом, обеспечена экономия вычислительных затрат. Данное свойство становится важным, когда необходимо адекватно сохранить форму выходного процесса, а не знать его абсолютное значение.

В плане повышения функциональной устойчивости практическое значение приобретает так же свойство выбора меньшего из двух сопоставляемых значений или свойство нелинейности. В то же время операция ∩ ведет себя как линейный управляемый элемент по отношению к меньшему по модулю входному значению, что позволяет при необходимости легко управлять границей нелинейности. Реализация таких типовых радиотехнических процедур обработки, как преобразование частоты, полосовая фильтрация, демодуляция и др. на операции ∩ представляется целесообразной потому, что соответствующие элементы приобретают внутренне присущее свойство управляемой функциональной устойчивости.

Результаты экспериментальных испытаний системы сотовой связи с переносом ёмкости

Борисов Ю.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Громаков Ю.А.
МАИ, каф. 408
Yury-Borisov@mail.ru

В настоящее время основным трендом в развитии сотовой связи является увеличение скорости передачи данных. Однако, сдерживающим фактором, повсеместного распространения систем сотовой связи являются высокие затраты на их строительство в регионах с низкой плотностью населения (сельская местность, автомобильные дороги) и, следовательно, с не высоким средним доходом в расчёте на абонента (ARPU – Average Revenue Per User). Необходимость решения этой проблемы, отражающейся на социально-экономических условиях в таких регионах, делает актуальным поиск путей сокращения затрат на строительство и эксплуатацию систем сотовой связи.

Было предложено отечественное решение «Система сотовой связи с переносом ёмкости» (ССПЕ), запатентованное в ряде стран, которое, не требуя изменений в стандартах сотовой связи, предполагает изменения топологии радиосети системы сотовой связи, снижающие капитальные и эксплуатационные затраты в 2–3 раза, сокращающие энергопотребление на сайт в 5–7 раз. Предложенное решение прошло экспертизу в Международном союзе электросвязи (МСЭ) как «Сеть сотовой связи с переносом ёмкости» («Cellular network with capacity transfer») и в 2016 году было включено в рекомендацию МСЭ L.1700 «Requirements and framework for low-cost sustainable telecommunications infrastructure for rural communications in developing countries» – «Требования и структура для недорогой устойчивой инфраструктуры электросвязи для обеспечения связи в сельских районах развивающихся стран».

В рамках программы НИОКР, в 2013 году было разработано оборудование ретрансляторов с переносом ёмкости (РПЕ) GSM на принципах SDR. Были проведены сравнительные испытания на коммерческой системе сотовой связи, показавшие, что фрагмент радиосети ССПЕ не уступает фрагменту радиосети стандартной системы сотовой связи ни в ёмкости, ни в зоне покрытия, с обеспечением режимов голосовой связи и передачи данных, с выполнением стандартных процедур, в том числе хэндоверов. Энергопотребление наиболее нагруженного шестиканального РПЕ с двумя секторами по 10 Вт – не превышало 260 Вт. В конце 2014 года были успешно завершены совместные полевые испытания разработанного оборудования ССПЕ в режиме RAN Sharing на коммерческих системах сотовой связи двух операторов. В результате испытаний была

обеспечена общая зона покрытия для двух операторов с использованием общего оборудования РПЕ и различных базовых станций (БС) разных операторов, при этом характеристики ССПЕ GSM не уступали характеристикам коммерческих систем, построенных на основе стандартных БС известных производителей.

По поручению аппарата Правительства Российской Федерации была создана Рабочая группа для рассмотрения возможности применения РПЕ для обеспечения подвижной радиотелефонной связи на магистральных автомобильных дорогах федерального значения, в состав которой вошли представители четырёх операторов сотовой связи. В результате показано, что 72% БС могут быть заменены РПЕ, при этом экономия капитальных затрат на сайт оценивается в сумму около 1,2 млн. руб., а экономия эксплуатационных затрат составляет около 30%.

В настоящее время оборудование ССПЕ GSM выпускается АО «Ижевский радиозавод», рассматривается организация разработки оборудования ССПЕ UMTS и LTE.

Использование сетевого кодирования для борьбы с блокировками головы очереди

Бритвин Н.В., Карпухин Е.О.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Карпухин Е.О.
МАИ, каф. 402
britvin.nickita@yandex.ru

Блокировка головы очереди - это явление, которое снижает производительность информационного обмена, когда ранее пришедшие пакеты ожидают обработки первого из очереди. Примером является ситуация, когда пришли все пакеты кроме первого, который был потерян. Весь сегмент данных будет ожидать его получения и не будет обработан до восстановления утраченного пакета. Решением этой проблемы может служить использование сетевого кодирования. Потенциальной выгодой от использования кодеков на основе сетевого кодирования является рост производительности в сравнении с другими кодами.

В основе сетевого кодирования лежит порождающая матрица из линейно независимых коэффициентов векторов. В качестве переменных в системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) выступают сетевые пакеты. На принимающей стороне при возникновении потери некоторых пакетов происходит решение ранее сформированной системы на основе порождающей матрицы, которая позволяет найти неизвестные переменные. Таким образом, в сеть передается информационное слово, состоящее из нескольких сетевых пакетов, и проверочные символы (суммы) для решения СЛАУ, количество которых зависит от прогнозируемой величины ошибок. Такой подход избавляет от лишней нагрузки на сеть в виде перезапросов и предотвращает появление блокировок головы очереди.

Метод кодирования основывается на генерации порождающей матрицы, из которой берутся коэффициенты для умножения на данные из сетевых пакетов, представленные в числовой форме, и вычисления сумм (проверочных символов) для каждого уравнения. В работе предложен способ создания такой матрицы на основе использования последовательности из простых чисел. Также рассмотрены другие способы формирования порождающей матрицы, в результате чего были выявлены их достоинства и недостатки.

Процесс декодирования состоит в решении системы линейных независимых уравнений для вычисления потерянных пакетов, выступающих в ней неизвестными. В качестве способа решения такой СЛАУ был выбран метод Гаусса.

Результатом работы является модель, которая позволила оценить производительность разработанного систематического кодека сетевого кода путем изменения таких параметров как размер информационной последовательности, размер пакета, корректирующая способность и количество искаженных пакетов. Приведены ограничения на использование этой модели, связанные с особенностями реализации сетевого кодека.

Методика исследования радиолокационных сигнатур дорожных объектов в автомобильной РЛС предупреждения столкновений

Буй Ши Хань
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Расторгуев В.В.
МАИ, каф. 407
buisyhanh1979@gmail.com

Целью данной работы является разработка методики исследования радиолокационных (РЛ) сигнатур и анализа статистических характеристик радиолокационных изображений (РЛИ) дорожных объектов при работе автомобильной радиолокационной станции (АРЛС) предупреждения столкновений в условиях ограниченной или отсутствии оптической видимости.

Рассматриваются РЛИ дорожной обстановки, полученные в результате многолетних натурных испытаний макета АРЛС. На основе анализа РЛИ дорожных объектов (автомобилей, грузовиков, спецмашин, велосипедистов, и т.д.) находятся их статистические характеристики.

Приводится методика исследования РЛ сигнатур дорожных объектов, основанная на анализе дальностных и азимутальных сечений РЛИ. Учитывая постоянное движение объектов, в ходе исследования разработан алгоритм выделения и слежение за интересующим объектом. Для анализа РЛ сигнатур как двигающихся, так и стационарных объектов, разработано специальное программное обеспечение для анализа необходимых статистических характеристик. Поскольку в РЛИ объектов присутствуют шумы различных уровней, то перед анализом статистических характеристик проводится пороговая обработка РЛИ и устанавливается зависимость этих характеристик от уровня шумов для различных категорий дорожного покрытия.

Приводятся результаты анализа радиолокационных сигнатур различных объектов, движущихся по асфальтовой дороге. В частности оценивается величина и положение максимума отраженного от объекта сигнала при обработке последовательности кадров РЛИ, а также усреднённые РЛ сигнатуры и их сечения по дальности и по азимуту на большой дистанции слежения за объектом.

На основе анализа статистических характеристик РЛ сигнатур объектов предлагается методика классификации дорожных объектов, которая позволяет проводить идентификацию и выводить на экран РЛИ объектов в адекватной для водителя форме.

Высокоточное определение координат низкоорбитальных летательных аппаратов с использованием сигналов глобальных навигационных спутниковых систем

Валайтите А.А., Никитин Д.П.
МАИ, каф. 402
alinavalaytite@gmail.com

В настоящее время системы глобальных навигационных систем (ГНСС) все больше используются для решения различных задач. Помимо классических задач морской навигации, геодезии и картографии сейчас ГНСС используются и в космической сфере - приемники сигналов ГНСС применяются в задачах дистанционного зондирования Земли, разведки нефтегазовых месторождений, при определении параметров геоида и т.д.

Приемник ГНСС используется как полезная нагрузка низкоорбитального космического аппарата (КА) и применяется для высокоточного определения координат низкоорбитального КА и дальнейшего решения целевой задачи. В этом случае крайне важным является определение координат низкоорбитального КА с высокой точностью – порядка единиц см. и для ряда задач это необходимо сделать в реальном времени. К таким задачам, например, относятся космическая разведка, мониторинг чрезвычайных ситуаций (лесных пожаров, наводнений и т.д.). Классические фазовые режимы дифференциальной навигации, обеспечивающие высокую точность (1-2 см.) определения позиции потребителя здесь неприменимы, так как низкоорбитальный КА движется с большой скоростью по орбите высотой несколько сотен, а то и тысяч км. Поэтому для определения

позиции низкоорбитального КА, целесообразно использовать режим высокоточного абсолютного местоопределения (англ. Precise Point Positioning - PPP), который требует для своего функционирования двухчастотный одиночный приемник и высокоточную эфемеридно-временную информацию (ЭВИ). Точность данного режима местоопределения лучше 10 см., что позволит даже в режиме реального масштаба времени решать высокоточные задачи, для выполнения которых раньше требовалась многодневная постобработка.

В рамках выполнения данной работы был разработан и адаптирован специальный математический аппарат, который позволяет определять координаты низкоорбитальных КА в том числе в реальном масштабе времени с использованием двухчастотных измерений навигационного приемника потребителя ГНСС и высокоточной ЭВИ в режиме PPP. Это так называемый «кинематический» способ определения координат КА, который не требует знания о динамике объекта, интегрирования орбиты и времени на постобработку – решения с местоположением КА может формироваться в реальном времени. Были проведены эксперименты по определению координат низкоорбитальных КА с использованием измерений проекта GRACE (геодезический исследовательский проект) и высокоточной ЭВИ, рассчитанной в апостериорном режиме, производства CODE. Получены статистические характеристики ошибок местоопределения относительно опорной траектории, полученной с помощью длительной постобработки и скорректированной по лазерным наблюдениям. Также были проведены эксперименты в псевдореальном времени по определению координат проекта GRACE при использовании специализированной ЭВИ реального времени, производства CNES. Также были получены статистические характеристики ошибок местоопределения относительно опорной траектории.

В результате было получено, что с использованием разработанного метода и использованной апостериорной ЭВИ оценки RMS позиции относительно опорной не превышали 5 см, при использовании ЭВИ реального времени оценки RMS не превышали 8 см., что вполне закономерно и позволяет рассчитывать и практическую применимость, и актуальность рассматриваемого метода и выбранных источников ЭВИ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-31-00454 «мол_а».

Использование перспективных навигационных спутниковых систем для улучшения качества высокоточного абсолютного местоопределения

Валайтите А.А., Никитин Д.П.
МАИ, каф. 402
nikitindmitriy@mail.ru

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) широко интегрируются во многие области человеческой деятельности. В настоящее время ГНСС помимо прочего применяются для решения задач автоматического управления системами в сельском хозяйстве и строительстве, добыче полезных ископаемых, при прокладывании дорог и т.д. Развитие потребительского сегмента спутниковых навигационных систем (СНС) привело к модернизации старых и появлению новых перспективных СНС. К новым перспективным СНС, помимо давно развернутых систем GPS и ГЛОНАСС, относится европейская система Galileo, китайская система BeiDou, и японская система QZSS.

Однако решение каждой отдельной потребительской задачи накладывает свои требования и ограничения на характеристики точности, надежности и доступности навигационного решения. Например, при решении задач автоматического управления сельскохозяйственной или строительной техникой часто возникают ситуации, когда приемник потребителя находится в сложных условиях приема спутникового навигационного сигнала и обеспечивает ненадлежащее качество местоопределения для выполнения целевой задачи. Такие ситуации возникают, например, при проезде под или рядом с серьезными препятствиями, затеняющими или переотражающими спутниковый навигационный сигнал (лесополоса, крытая парковка, широкий мост и т.д.). Для решения

подобных проблем могут быть использованы дополнительные сигналы новых перспективных СНС в дополнение к уже существующим сигналам ГНСС GPS и ГЛОНАСС.

В рамках выполнения данной работы было проведено исследование точности и доступности навигационного решения в режиме высокоточного абсолютного местоопределения с использованием высокоточной эфемеридно-временной информации (ЭВИ) реального времени.

Были поставлены эксперименты в условиях «чистого неба», при этом были использованы двухчастотные измерения GPS и ГЛОНАСС, а в параллельном эксперименте были также использованы измерения всех перспективных СНС. Было проведено сравнение характеристик точности навигационного решения для обоих экспериментов относительно опорной позиции, также было проведено сравнение геометрических факторов навигационных решений. Затем были смоделированы ситуации частичных затенений неба, когда по «маске» угла возвышения отсекались навигационные спутники из навигационного решения. Маска угла возвышения при этом поднималась с 10 градусов с шагом 10 градусов до 50 градусов. Таким образом, была проведена имитация проезда рядом с высотными препятствиями, перекрывающими видимость навигационных спутников, находящихся на низких углах места. При этом также было проведено сравнение точности и доступности навигационного решения при использовании только систем GPS и ГЛОНАСС, а также всех перспективных СНС.

В качестве результатов проделанной работы было получено, что использование сигналов новых перспективных систем наряду с использованием уже существующих ГНСС GPS и ГЛОНАСС в режиме высокоточного абсолютного местоопределения позволяет в трудных условиях получить более точное и устойчивое решение, что объясняется лучшей геометрией спутникового созвездия в целом, и характеристиками самих новых СНС.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-31-00454 «мол_а».

О возможности передачи телеметрии и командной информации в спутниковой системе связи с помощью LDPC кодов при ограниченной полосе пропускания

Ванак И.Э.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Михайлов В.Ю.
МАИ, каф. 402
iciva@mail.ru

Одним из наиболее ценных и дорогостоящих ресурсов в спутниковой системе передачи информации является полоса пропускания. В настоящее время для увеличения количества передаваемой информации без расширения полосы пропускания используются всевозможные методы уплотнения каналов. К таким методам в первую очередь относятся мультиплексирования с уплотнением по времени, по частоте и по длине волны.

Однако, несмотря на все используемые методы уплотнения, в потоке данных могут быть так называемые "пробелы" – отсутствие в канале передаваемой информации от абонентов. Именно эти простои предлагается использовать для передачи командной информации и телеметрии в спутниковых системах связи.

Целью работы было рассмотрение существующих методов передачи пользовательской и командной информации в спутниковых системах для определения возможности использования простоев с целью обеспечения более эффективной и экономически выгодной передачи данных командного типа.

Особое внимание в работе обращено на передачу информации с мультиплексированием с временным уплотнением (синхронным и асинхронным), где возможны простои системы за счет передачи пустых тайм-слотов. Также пустые тайм-слоты могут быть в протоколах, основанных на временном разделении (напр., ALOHA), в сетях DAMA и TDMA и в цифровом потоке E1/T1, с которым работают многие современные спутниковые сети.

Общеизвестным является тот факт, что передача командной информации должна обладать крайне высокой степенью надежности, в связи с тем, что от этого напрямую зависит работоспособность спутниковой системы коммуникации. Кроме того в данном случае фактор надежности более важен, чем скорость передачи, что позволяет предложить концепцию пакетной передачи телеметрии и командной информации во время простоя системы спутниковой связи.

Для передачи информации командного типа должны использоваться надежные коды с высокой помехоустойчивостью. Одними из наиболее эффективных помехоустойчивых кодов в современном мире являются коды LDPC (Low Density Parity Check codes). Данные низкоплотностные коды, открытые Р. Галлагером в 1963 г., с 2003 г. включены в ряд стандартов цифрового телевидения, спутниковой связи и мобильных систем связи третьего поколения, а в 2007 г. максимально близко подошли к границе Шеннона, что указывает на эффективность и перспективность их использования в спутниковых системах. Кроме того, они предполагают достаточно простое построение декодеров, что дает им дополнительное преимущество перед их главными конкурентами – турбо-кодами.

В ходе исследования был проведен анализ кодов LDPC различной длины, подходящих для данного вида передачи. Сделан вывод, что короткие LDPC коды не пригодны для критически важной информации и предложен метод с разбиением длинного LDPC кода на пакеты. Для защиты от потерь пакетов и пакетных ошибок в работе предлагается использование перемежителя.

Результат исследования потенциально применим и полезен, так как может позволить более эффективно использовать ресурсы полосы пропускания и существенно сократить экономические расходы на создание и обслуживание выделенной командной линии связи.

Особенности построения гибридной сети связи для обеспечения широкополосного доступа к сети Интернет для абонентов воздушных судов

Гавриков Н.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Важенин Н.А.
АО МНИИРС
gavrikov@mniirs.org

В настоящее время на пассажирских дальнемагистральных самолетах зарубежного производства широко внедряются системы связи, обеспечивающие для пассажиров в полете работу мобильных телефонов, спутникового телевидения, систем видеоконференцсвязи, а также доступ к сети интернет. В качестве каналообразующего оборудования в большинстве случаев выступает станция спутниковой связи. В дополнение на самолет может быть установлена станция, работающая по технологии «Борт-Земля» («Air-to-ground»), передающая данные на воздушное судно с использованием специально адаптированных вышек сотовой связи, что позволяет существенно повысить пропускную способность канала передачи данных при снижении себестоимости услуги, а также улучшить такие характеристика канала как latency и jitter.

Гибридная сеть связи основывается на одновременном использовании систем воздушно-наземной связи в формате LTE и системы спутниковой связи на базе отечественных космических группировок. В качестве инфраструктуры воздушно-наземного сегмента планируется использовать сеть сотовых станций существующих операторов связи стандарта LTE. При пролете воздушного судна в зоне действия операторов сотовой связи, планируется использовать наземно-воздушный канал передачи данных. При вылете за пределы зоны обслуживания происходит автоматическое переключение на спутниковый канал, обеспечивая таким образом для пассажиров прозрачный широкополосный канал доступа в сеть интернет и другие мультимедийные услуги.

Создаваемая гибридная система связи может использоваться как для гражданских аэромобильных абонентов, так и, при установке на борт соответствующей

дополнительной аппаратуры и проведения некоторых мероприятий, для работы специальной авиации.

Для построения отечественной гибридной сети связи требуется решить целый ряд научных задач. На данный момент:

1. разработана обобщенная структурная схема системы;
2. сформулированы основные требования к задачам и требуемым характеристикам подсистем;
3. проанализированы варианты возможной реализации подсистем с использованием имеющегося научно-технического задела;
4. определены и систематизированы основные научно-технические задачи, которые требуется решить при создании системы;
5. разработана математическая модель, описывающая эволюции самолета транспортной категории и работу его навигационной системы в различных режимах полета, позволяющая повысить достоверность передачи информации по радиоканалу и его пропускную способность при использовании активной частотно-временной компенсации и адаптивных модуляционно-кодовых методов.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке и последующей сертификации бортового и наземного приемо-передающего оборудования для работы в гибридной сети связи.

Выбор характеристик для разработки переключателя на основе МЭМС технологий

Дрягин И.О.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Епанешникова И.К.
МАИ каф. ТПРЭС
ivandryagin@yandex.ru

Такие современные тенденции развития СВЧ устройств как уменьшение размеров и веса, расширение их динамического диапазона, уменьшение потребляемой мощности и стоимости изготовления, увеличении их интеграции на одном кристалле, увеличение надёжности при сохранении их функциональных возможностей и росте рабочих частот требуют от разработчиков создание новых конструктивно-технологических решений и поиск их оптимальных архитектур. Таким решением являются микроэлектромеханические системы, например, МЭМС переключатели.

МЭМС переключатели имеют преимущества перед полупроводниковыми СВЧ переключателями: низкое потребление мощности в замкнутом состоянии, высокое соотношение потерь к изоляции, высокий коэффициент развязки в выключенном состоянии. Есть, конечно, и недостатки: низкое быстродействие (время переключения менее 100 мкс). Однако, по сравнению с электромеханическими коммутаторами типа EMR время коммутации МЭМС переключателя меньше на три порядка.

Следует отметить, что износостойкость МЭМС переключателей составляет порядка 10^{10} циклов. Одним из главных достоинств является возможность их интегрирования с активными КМОП, биполярными, и полевыми транзисторами, выполненными на основе SiGe и GaAs.

Можно сделать вывод, что МЭМС переключатели интегрировали в себе лучшие характеристики полупроводниковых и электромеханических переключателей – высокий срок службы, сверхминиатюрные размеры, высокое время срабатывания при низком собственном энергопотреблении, хорошая воспроизводимость.

МЭМС переключатели по механизму управления бывают: электростатические, пьезоэлектрические, термические и электромагнитные, и по типу контактного соединения – с омическим (металл-металл) или емкостным (металл-диэлектрик-металл) контактом.

Анализ показал, что наиболее подходящим видом является мембранный переключатель с электростатическим принципом управления. Производственные затраты данных структур довольно низкие (выполняется соотношение «низкая цена/высокий объём производства»), а также они могут быть выполнены в сверхминиатюрном исполнении.

При работе ключа с емкостным соединением используется отношение емкостей во включенном и выключенном состоянии. Явным преимуществом такого рода микропереключателя по сравнению с переключателем резистивного типа является отсутствие омического контакта, что исключает резистивные потери при работе с мощными сигналами.

Таким образом, исходя из всего вышесказанного, ёмкостной МЭМС переключатель мембранного типа с электростатическим принципом управления является наиболее предпочтительным решением.

Исследование принципов срыва слежения системы фазовой автоподстройки частоты методом теории выбросов

Дядюра М.О., Мухетдинова А.Р.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Астрецов Д.В.
УрФУ, ИРИТ-РтФ, каф.ТСС
aliya_muhetdinova@mail.ru

В современной системах автоматизации и электросвязи широко используются различные следящие устройства. Наиболее распространённой следящей системой является система автоподстройки частоты. ФАПЧ – это система автоматического регулирования, которая управляет фазой и частотой управляемого генератора в зависимости от значения фазы эталонного сигнала.

ФАПЧ – универсальная схема, используемая для разнообразных задач, таких как модуляция, синтезирование частот, разделение каналов, частотной синхронизации.

В системе ФАПЧ при воздействии разнообразных факторов возникает опасность срыва слежения. Существуют различные методы анализа срыва слежения. В рамках данного исследования основной упор сделан на методе теории выбросов, не требующий громоздких вычислений. В соответствии с ним срыв слежения отождествляется с пересечением изображающей точкой пределов апертуры фазового дискриминатора. На данном определении основана экспериментальная часть работы по исследованию срыва слежения системой с различными видами фильтров в петеле обратной связи.

Наиболее полной и однозначной характеристикой срыва слежения является вероятность срыва слежения P(t) за определенное, заданное время наблюдения t. В результате многочисленных вычислений получено выражение для зависимости вероятности срыва слежения от параметров системы.

Для проведения экспериментальной части в подсистеме Matlab Simulink построена модель исследуемой системы фазовой автоподстройки частоты с разными типами фильтров: с инерционным звеном, с пропорционально-интегрирующим фильтром, с изодромным звеном. С помощью данной модели проведены эксперименты, в результате которых получены зависимости вероятности срыва слежения от отношения мощностей сигнала и шума.

Экспериментальные исследования требовали проведения в существенного количестве опытов. В системе Matlab реализован код, с помощью которого удалось добиться автоматического выполнения опытов при различных вариантах системы.

В ходе практических исследований построены графики теоретических и экспериментальных зависимостей вероятности срыва слежения от отношения мощностей сигнала и шума при различных вариантах и параметрах исследуемой системы фазовой автоподстройки частоты.

Экспериментальные исследования показали, что, при небольших значениях мощности шума вероятность срыва слежения высока, что вполне ожидаемо. При одном и том же значении мощности шума, с увеличением расстройки сужается диапазон отношения средних значений мощностей сигнала и шума, в котором наблюдается срыв слежения системой ФАПЧ. Таким образом, сделан вывод о прямой зависимости диапазона отношения мощностей сигнала и шума не только от расстройки частот ЭГ и ГУН, а также от значений мощности шума, т.е. чем значительнее шум, тем в более узком интервале расстроек частот и небольших мощностях шума может работать система. Также

установлено, что наиболее помехоустойчивой системой является ФАПЧ с пропорционально-интегрирующим фильтром в петле обратной связи.

Исследование срыва слежения системы фазовой автоподстройки частоты методом статистической линеаризации

Дядюра М.О., Мухетдинова А.Р.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Астрецов Д.В.
УрФУ, ИРИТ-РтФ, каф. РТС
corroccor@mail.ru

Стремление автоматизации функционирования радиоприборов и сведения к минимуму роли человека в процессе их работы стало базисом для широкого распространения в радиотехнике следящих устройств. Одной из самых востребованных и распространенных систем является система ФАПЧ, или система фазовой автоподстройки частоты.

Система фазовой автоподстройки частоты является многофункциональной системой, применяемой во многих областях. Система ФАПЧ представляет собой систему автоматического регулирования, которая подстраивает фазу и частоту управляемого генератор в соответствии с фазой опорного сигнала.

Как и любая следящая система, система фазовой автоподстройки частоты подвержена срыву слежения. Срывом слежения, по определению, является момент, когда изображающая точка выходит за очерченную границу области фазового пространства. Проще говоря, срывом слежения является тот момент, когда система фазовой автоподстройки перестает подстраивать частоту подстраиваемого генератора в соответствии с частотой генератора эталонного.

Существуют различные методы анализа срыва слежения, среди которых можно выделить метод Таусворта, асимптотические методы. Однако все они имеют одну общую, существенную особенность, объясняющую сложность их применения к анализу срыва слежения – громоздкость решения краевой задачи, которая влечет за собой сложные итоговые уравнения и огромные вычисления.

В рамках данной работы акцент был сделан на более наглядном методе, акцент в котором делается на экспериментальные исследования и результаты математического моделирования. Этим методом стал метод статистической линеаризации, который можно использовать для приближенного анализа срыва слежения.

Суть данного метода состоит в определении критического уровня спектральной плотности мощности шума на выходе дискриминатора. Данный уровень является неким водоразделом, показывая, что при нем вероятность срыва слежения еще очень мала.

Для наглядного и качественного исследования была построена имитационная модель в графической среде имитационного моделирования Simulink в Matlab, в состав которой входят генератор гармонических колебаний с постоянной частотой, с линейно-изменяющейся частотой, генератор белого шума, полосовой фильтр, фазовый детектор, и три вида фильтров обратной связи (инерционный фильтр, пропорционально-интегрирующий фильтр, изодромный фильтр).

С помощью данной модели были измерены полосы захвата и удержания различных конфигураций системы (конфигурации отличаются путем применения в цепи обратной связи различных ФНЧ), и в полученных пределах проанализирован срыв слежения каждой из исследуемых конфигураций системы.

На основании множества опытов и полученных значениях критического значения спектральной плотности мощности шума были сделаны выводы о том, что наиболее устойчивой по отношению к помехам является система с пропорционально-интегрирующим фильтром в цепи обратной связи, а наименее устойчивой является система без фильтра в цепи обратной связи. Построенная модель является универсальной, и может использоваться для исследования срыва слежения при различном исполнении системы фазовой автоподстройки частоты.

Определения местоположения объектов, их привязки относительно друг друга в условии отсутствия сигналов от глобальных спутниковых навигационных систем

Еремин А.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ясенцев Д.А.
МАИ, каф. 401

В настоящее время самыми распространенными системами по определению местоположения объектов и оценке параметров их движения являются спутниковые радионавигационные системы (СРНС). Принципы работы таких систем основываются на измерении расстояния от антенны на объекте до спутников, положение которых известно с большой точностью. Высокая точность, доступность и малые габариты аппаратуры потребителя предопределили широкое распространение подобных систем в гражданской и военных областях. Однако при создании систем специального назначения часто возникают требования по обеспечению взаимной координатной привязки наземных подвижных объектов при отсутствии сигналов СРНС.

Подобную систему можно реализовать, в том числе, используя запросные или беззапросные методы измерения задержки сигналов между привязываемыми объектами. При автономной работе необходимо создать взаимную привязку трех и более объектов, которые будут состоять из одной ведущей станции и остальных ведомых. Одной из особенностей подобных систем, осуществляющих передачу сигналов вблизи поверхности Земли, являются многолучевые помехи. При распространении радиоволн при малых высотах приёмных и передающих антенн является наличие значительных по мощности многолучевых помех, представляющие собой задержанные излученные сигналы, попадающие на вход приемной антенны путем переотражения от местных предметов. Переотражённые сигналы имеют, как правило, меньшую, чем у прямого сигнала, амплитуду, дополнительную задержку огибающей и дополнительное фазовое смещение, которые, кроме того, могут изменяться во времени, что приводит к флюктуации фазы. Наличие подобных многолучевых сигналов, задержанных по времени прихода, приводит к искажению формы корреляционного пика сигнала и, как следствие, к смещению в оценке задержки сигнала, распространяющегося по прямолинейной траектории.

Основная цель данной работы - изучение влияния переотражённых сигналов на точностные характеристики системы и способы уменьшения их воздействий.

Оценка времени задержки циклостационарных радиосигналов

Ефимов Е.Н., Шевгунов Т.Я.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Кузнецов Ю.В.
МАИ, каф. 405
omegatype@gmail.com

В работе рассмотрена задача оценки времени задержи радиосигналов, обладающих циклостационарными (ЦС) свойствами. Применение алгоритмов обработки сигналов на основе ЦС моделей позволяет повысить точность оценок местоположения источников радиосигналов в телекоммуникационных и радиолокационных системах. Использованные в работе модели рассматривают сигналы в виде реализаций случайных процессов, обладающих структурной повторяемостью, статистические параметры которых, такие как математическое ожидание и автокорреляционная функция, периодически изменяются во времени. Практически во всех сигналах, применяемых в системах передачи информации, периодическая структура вносится в сигналы намеренно в процессе их формирования для того, чтобы сделать сигналы пригодными для предсказуемой и надежной работы алгоритмов в системах их обработки. Другими типами сигналов, обладающих ЦС свойствами, могут служить периодические сканирующие импульсы радарных систем, сигналы телеметрии, сигналы, использующие различного рода модуляцию; периодичность в сигналах также появляется естественным образом, например, в сигналах, отраженных движущимися механизмами или электрических импульсах, порождаемых биологическими ритмами.

Оценка времени задержки сигналов выполняется на основе обработки циклостационарных характеристик, оценки которых были получены в частотной области. Для широкополосных радиосигналов оценка выполняется по наклону фазовой характеристики взаимной циклической спектральной плотности мощности (ВЦСПМ) в частотной области. Коэффициент наклона оценивается при помощи метода взвешенных наименьших квадратов, где в роли весов выступают соответствующие амплитудные значения функции.

Анализ ВЦСПМ позволяет использовать априорные сведения о циклостационарных свойствах сигналов для выполнения селекции сигналов по характерным циклическим частотам, что позволяет исключить влияние на получаемую оценку времени задержки иных случайных процессов, обладающих характерными циклическими частотами отличными от заданных, либо не обладающих циклостационарными свойствами. Так же данное свойство циклических характеристик открывает возможность проведения раздельных оценок времени запаздывания для каждого из случайных процессов.

Решение задачи оценки времени задержки выполнено для сигналов с амплитудной модуляцией, амплитудно-импульсной модуляцией, а также радиосигналов, комплексные огибающие которых суть стационарные в широком смысле случайные процессы. Приведены соответствующие теоретические описания собственных и взаимных циклостационарных характеристик данных случайных процессов.

В работе приведены результаты имитационного численного моделирования, демонстрирующие повышение точности получаемой оценки. Повышение точности наблюдается в случае использования алгоритмов, основанных на моделях, учитывающих циклостационарные характеристики обрабатываемых сигналов, по сравнению с алгоритмами, построенными на моделях, рассматривающих сигналы в виде стационарных в широком смысле случайных процессов. В качестве натурного эксперимента проведен анализ циклостационарных свойств сигналов, наведенных побочными электромагнитными излучениями радиотехнических средств в широкой полосе частот.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 16-37-00395 «мол_а», № 15-08-08951 «а».

Цифровая сигнальная калибровка многоканального квадратурного приёмника

Жуков Д.М., Шевгунов Т.Я.
МАИ, каф. 405
dima.m.zhukov@gmail.com

Одним из перспективных направлений цифровой обработки сигналов является синтез алгоритмов, формирующих несмещенные и эффективные оценки местоположения источника радиоизлучения. Одной из причин возникновения систематических ошибок таких алгоритмов, работающих в пассивных радиолокаторах, оснащенных АФАР, является различие трактов передачи сигнала от приемных элементов решетки до входа АЦП. Это различие типично обусловлено длиной кабелей, технологическим разбросом элементов промежуточного усиления, рассогласованием по фазе каналов квадратурного приемника. Поэтому для получения точных измерений радиолокационный комплекс требует проведение калибровок, как перед началом работы комплекса, так и в её процессе. Во втором случае на показатели качества работы системы будет влиять время, необходимое для калибровки. Для минимизации систематической ошибки в настоящей работе предложены алгоритмы квадратурной и межканальной калибровок.

Для компенсации различия комплексных частотных характеристик (КЧХ) каждой пары квадратурных каналов проводится квадратурная калибровка, для которой используется гармонический сигнал, подаваемый на каждый вход многоканального квадратурного приёмника. Оценка и устранение рассогласованности фаз осуществляется алгоритмами цифрового спектрального анализа.

Для проведения оценки различия КЧХ отдельных квадратурных каналов предлагается использовать гауссовский шум с постоянной СПМ в калибровочной полосе

частот. Применение широкополосного сигнала по сравнению с гармоническим сигналом, перестраиваемым последовательно по частоте, позволяет существенно сократить время анализа. При этом необходимо отметить, что генератор белого шума существенно дешевле генератора широкополосного сигнала с равномерным спектром в такой же полосе. Также, оказывается возможным вместе с временным усреднением использовать частотное усреднение, посредством накопления значений спектра сигнала на разных частотных бинах, входящих в анализируемую полосу. Это позволяет при заданном уровне точности снизить общее время оценки рассогласованности приемных каналов.

В настоящей работе рассмотрены три типа корректирующих КЧХ: частотно-независимая, кусочно-линейная и гладкая. Так, в случае частотно-независимой КЧХ её модуль описывается константной, а аргумент – наклонной прямой, что соответствует предположению, что совокупные частотные искажения во всех каналах незначительны и одинаковы, но прошедшие их сигналы проходят разный путь в силу различной длины соединяющих кабелей, и тем, что промежуточные усилители имеют неодинаковые коэффициенты усиления. Кусочно-линейная корректирующая КЧХ может быть успешно использована тогда, когда каналы имеют разные КЧХ, однако КЧХ в анализируемой полосе изменяется плавно, что позволяет с достаточной точностью аппроксимировать их ломанной линией. Гладкая КЧХ достигается путем дальнейшей интерполяции кусочно-линейной КЧХ и обеспечивает наибольшую точность согласования каналов.

Предложенные процедуры корректировки каналов прохождения позволяют достичь требуемого уровня систематической ошибки при сравнительно небольшом усложнении приёмного тракта. Результатом этой работы является частотно-зависимые КЧХ, устраняющие различие каналов во всей анализируемой полосе частот.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 16-37-00395 «мол_а», № 15-08-08951 «а».

Создание активных помех на основе SDR в Matlab&Simulink

Заяц Ф.В.
Научный руководитель – ст. преподаватель Брюханова Е.Н.
МАИ, каф 403.
highfredddy@gmail.com

Технология передачи данных посредством радиосигналов стала неотъемлемым звеном в развитии современной науки. С помощью технологии SDR (конфигурируемого радиотракта и ADC, реализуемых в ПЛИС), можно выполнять самые неординарные и необычные задачи. Программно-определяемая радиосистема позволяет начать свой путь в познании радиоэлектроники с самых простых в реализации устройств, например, фм-приемников, и, продолжить работу уже с более сложными, выполняющих более сложные функции, к примеру, функцию одновременного приема и передачи сигнала на разных частотах.

Отсутствие необходимости в аппаратной реализации каждой конфигурации позволяет сделать процесс работы с SDR-платформой удобным, комфортным, и, что самое главное – надежным. Относительная простота обращения с устройством позволяет быстро освоиться и приступить к решению ряда индивидуальных задач.

До недавнего времени главной проблемой было скудное разнообразие продуктов данной технологии. Сегодня же - каждый способен выбрать подходящую модель под свои уникальные запросы и различные типы исследований.

В данной работе (в режиме приемо-передатчика) использовалась SDR-платформа фирмы «Nuand» под названием «bladeRF», целью которой было создание активных помех для некоторого типа устройств, имеющих свои стандарты радиосвязи (GSM, 3G, 4G и др). В процессе исследований были решены следующие задачи:

- отладка драйверов и их корректное взаимодействие с Matlab& Simulink;
- реализация ПО приемного радиотракта в Matlab&Simulink;
- работа с различными типами модуляции (qpsk, qam-16, qam-64, gmsk);
- снятие характеристик обнаруженных сигналов;

- реализация ПО передающего радиотракта в Matlab&Simulink;
- консолидация всех составных элементов программного обеспечения.

Результатами исследований являются данные с осциллографов, результирующее и составное программное обеспечение, а также анализ ряда возникающих ошибок, в процессе разрешения некоторых из поставленных задач.

Низкопрофильная спутниковая антенная система ОВЧ диапазона

Измайлов А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Гринев А.Ю.
МАИ, каф. 406
yustas1993@yandex.ru

Известно, что большинство спутниковых космических комплексов землеобзора работает на частотах выше L диапазона. Однако в последнее время проявляется возрастающий интерес к переходу в метровый диапазон длин волн в подобных системах с целью обнаружения сообщений, отправленных с воздушного судна или корабля. При этом совместная обработка радиолокационной информации, полученной от космического аппарата (КА), оснащенного радиолокатором X диапазона, и от КА, в составе которого функционирует радиолокатор ближнего (L) и дальнего (P) дециметровых диапазонов (или от КА, оснащенного трехчастотным радиолокатором X, L и P диапазонов), позволила бы устранить часто имеющую место неоднозначность интерпретации результатов диагностики объектов, качественно повысить степень дешифрируемости сюжетов, целевую и экономическую отдачу от эксплуатации создаваемых космических комплексов землеобзора.

С целью уменьшения габаритных размеров антенной системы используется структура на основе поверхности с высоким импедансом *(HIS – high impedance surface).* Подобные структуры часто определяют как искусственные магнитные проводники (*AMC – artificial magnetic conductors),* поскольку касательная компонента магнитного поля на структуре равна нулю, а коэффициент отражения от такой структуры равен +1. Подобные структуры применяются для создания низкопрофильных антенных систем и позволяют уменьшить расстояние от проводящего экрана до излучателя в 3-10 раз (до $0.08\lambda_0$-$0.02\lambda_0$) по сравнению с традиционным случаем ($0.25\lambda_0$). В качестве элемента подложки на основе АМС выбран кольцевой прямоугольный элемент, что позволяет помимо уменьшения профиля АС также уменьшить и ее продольные размеры за счет внесения в эквивалентную схему АМС структуры дополнительного индуктивного элемента.

На первом этапе разработан элемент антенной решетки космического комплекса землеобзора ОВЧ диапазона. Элемент АР состоит из двух вибраторных излучателей типа «бабочка», работающих на ортогональных поляризациях, расположенных на структуре с высоким импедансом. Схема питания на основе петлевой коаксиальной линии используется для питания вибраторных излучателей. Плечи вибраторов соединяются с внешним экраном коаксиальных линий, а внутренние проводники соединяются через мост. Свободный конец петлевой коаксиальной линии заземляется на проводящий экран. Выбранная схема питания обеспечивает симметрирование излучателей и требуемую развязку в кроссполяризационных каналах, а также является более простой по сравнению с традиционными схемами (U–колено, четвертьволновый стакан и т.д.). Проведена оптимизация элемента АР методом Нелдера-Мида по критерию качества согласования. В рабочей полосе (0.156 – 0.162 МГц) КСВ вибраторных излучателей не превышает значения 2.5, а развязка в кроссполяризационных каналах не более (-40) дБ. Высота профиля элемента АР составила 80 мм ($0.042\ \lambda_0$), а продольные размеры 500×500 мм^2 ($0.265\ \lambda_0 \times 0.265\ \lambda_0$).

На втором этапе проведено полноволновое моделирование методом КЭ антенной решетки на основе разработанного элемента. Антенная решетка состоит из 5 пяти излучателей, возбуждаемых синфазно. Приведены результаты моделирования зависимости согласования излучателей вертикальной и горизонтальной поляризации АР от частоты, а также диаграммы направленности АР для ряда частот.

Разработанная антенна система имеет требуемые характеристики согласования, развязки и направленности, а также габаритные размеры и может быть использована в космических комплексах землеобзора.

Учет влияния фазового шума при проектировании MIMO системы передачи информации от подвижного объекта

Казначеев П.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Паршин Ю.Н.
РГРТУ, каф. РТУ
stein94@yandex.ru

При проектировании Multiple Input Multiple Output (MIMO) системы передачи информации от подвижного объекта необходимо решить достаточно сложную задачу оптимизации. С одной стороны, следует измерять комплексные канальные коэффициенты, используемые в операциях пространственного кодирования и декодирования, на основе выборки большого объема, усредняя полученные результаты, что повышает точность оценивания, а также, как можно реже, чтобы наиболее полно использовать пропускную способность канала связи для передачи полезной информации. С другой стороны, постоянное перемещение подвижного объекта и/или пассивных отражателей в зоне электромагнитной доступности участников информационного обмена приводит к непосредственному изменению самой матрицы комплексных канальных коэффициентов, что при длительном измерении приводит к накоплению ошибки, а редкость измерений приводит к тому, что в операциях пространственного кодирования и декодирования используется устаревшая канальная матрица.

К появлению дополнительной фазовой ошибки измерения канального коэффициента приводит влияние фазового шума синтезаторов частот на приемной и передающей стороне. Нестабильность вызвана несоответствием математически идеального синусоидального сигнала, который используется в качестве несущего колебания и реального сигнала на выходе гетеродина, который содержит амплитудные и фазовые флуктуации. Различают фазовые флуктуации двух типов: детерминированные и стохастические. Детерминированные вызваны дискретными сигналами на различных отстройках от несущей частоты, такие сигналы соответствуют различным факторам, например, скорость вращения лопастей беспилотного летательного аппарата или иных подвижных частей, вибрация корпуса подвижного объекта. Стохастические флуктуации или непосредственно фазовые шумы являются случайными и вызваны тепловым шумом, дробовым шумом, а также фликкер-шумом в полупроводниковых элементах. Количественную оценку влияния фазового шума на величину комплексного канального коэффициента можно выразить в виде значения фазы, которое необходимо суммировать с фазой коэффициента.

Целью данной работы является оценивание дополнительной фазовой ошибки, вызванной фазовым шумом синтезаторов частот, в зависимости от времени задержки между непосредственно оценкой канального коэффициента и его использованием в операциях пространственного кодирования и декодирования, а также сравнение эффективности алгоритмов оценивания канальной матрицы при наличии фазового шума.

Разработка программы тестирования интерфейсов типового персонального компьютера

Калайтан А.А., Лапенко А.О.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Стрельчук С.Г.
МАИ, каф. 409Б
kalaytan197@gmail.com

Актуальность данной темы обуславливается тем, что задача защиты информации при проведении специальных исследований на побочные электромагнитные излучения и наводки в современных условиях приобретает важное значение. В связи с этим объектом исследования являются специальные исследования. В качестве предмета исследования

данной работы рассматривается программа тестирования интерфейсов типового ПК. Цель исследования состоит в том, чтобы разработать программу, позволяющую тестировать интерфейсы типового ПК для проведения специальных исследований с учетом требований государственного регулятора.

Основными интерфейсами для тестирования были выбраны: 1) D-Sub; 2) DVI; 3) HDMI; 4) DisplayPort; 5) LVDS; 6) SATA; 7) SAS; 8) USB; 9) PS/2; 10) 10BASE-T; 11) 100BASE-T; 12) 1000BASE-T.

В настоящее время нет жестких рекомендаций относительно программного обеспечения, использующегося для организации тест-режимов для ТС при выполнении специальных исследований. В связи с узкой специализацией данной области, реализуется крайне ограниченное число продуктов, отвечающих требованиям государственного регулятора. Как правило, данные программные продукты отсутствуют в свободном доступе и имеют внушительную стоимость.

В ходе проведенного исследования рынка специальных программных продуктов для тестирования интерфейсов в интересах специальных исследований были обнаружены: 1) сборник тестовых программ для МСВСфера; 2) тестовые программы «Центра безопасности информации»; 3) программа формирования тестов на ПЭМИН «Сигурд-Тест». Существуют и другие тесты, но они поставляются только в комплекте с дорогостоящими аппаратными комплексами, предназначенными для автоматического, автоматизированного и экспертного поиска сигналов ПЭМИН от проверяемых технических средств.

С учетом требований нормативно-методической документации государственного регулятора для лабораторий лицензиатов, имеющих лицензии на проведение СИ, к разрабатываемому программному продукту были выработаны следующие требования: 1) в канале связи каждого тестируемого интерфейса должен быть создан периодический сигнал, в идеале меандр; 2) необходимо реализовать возможность доступа к справочной информации о системе на тестируемом ПК; 3) необходимо реализовать возможность доступа к справочной информации о тестируемом интерфейсе; 4) необходимо реализовать возможность отображения подключенных устройств к тестируемому ПК, использующих выбранный интерфейс для тестирования; 5) необходимо реализовать возможность изменения параметров тестового сигнала, такие как тональность, длительность задержки и т.д.; 6) необходимо реализовать возможность вывода окна подсказки со значением ожидаемой тактовой частоты на данном интерфейсе с учетом характеристик тестируемого технического средства; 7) для каждого тестируемого интерфейса необходимо предусмотреть возможность отображения фотографии внешнего вида данного интерфейса.

Таким образом, в результате проведенных исследований разрабатывается программный продукт для тестирования интерфейсов типового ПК для операционной системы Windows, который будет включать в себя все рассмотренные интерфейсы с различными вариантами формирования тест-сигналов, в том числе с возможностью задания своих параметров для формирования тест-сигнала. Данный программный продукт планируется использовать для проведения специальных исследований в МОУ «ИИФ» в лаборатории испытаний средств защиты информации.

Подготовка и настройка рабочего места 4-х канального фазокогерентного формирователя цифровых диаграмм направленности в L-диапазоне длин волн

Каращан С.В., Шевчук А.В.
Научный руководитель – ст. преподаватель каф. С-14 Вицукаев А.В.
Филиал «Стрела» МАИ
sashshevchuk@mail.ru

Для проведения исследований по ЦДО (цифровое диаграммообразование) в L-диапазоне длин волн, требовалось подготовить и настроить рабочее место 4-х канального фазокогерентного формирователя цифровых диаграмм направленности в L-диапазоне длин волн. Рабочее место собиралось на базе шасси NI PXIe-1085, с разработкой программного обеспечения на LabVIEW. Требовалось собрать стенд с использованием

линейной 4-х элементной АР L-диапазона. Для этого мы используем четыре векторных генератора с единым опорным сигналом, один векторный анализатор спектра.

В состав стенда входит: шасси NI PXIe-1085; контроллер NI PXIe-8135; векторный анализатор СВЧ сигналов NI PXIe-5665, в состав которого входит три блока: преобразователь частоты NI PXIe-5605, аналого-цифровой преобразователь ПЧ сигналов NI PXIe-5622, гетеродин NI PXIe-5653; векторный генератор СВЧ сигналов NI PXIe-5673E, в состав которого входит три блока: I/Q модулятор NI PXIe-5611, генератор сигналов произвольной формы NI PXIe-5450, генератор СВЧ - сигналов NI PXIe-5652 используемый в качестве гетеродина.

Для корректной работы векторного анализатора и векторных генераторов, была произведена сборка в соответствии с прилагающийся инструкцией к модулям. Была произведена ассоциация модулей и подключение выводов на лицевой панели модулей. После сборки и проверки работы, для достижения поставленной цели, было решено внеси изменения в схему сборки векторного генератора, чтобы на каждый элемент АР приходил сигнал с одинаковой амплитудой.

Была разработана программа в среде LabVIEW для управления каждого генератора в отдельности. Данная программа позволяет корректировать частоту, на которой генерируется сигнал, фазу сигнала, мощность генерируемого сигнала. Программа позволяет запустить четыре генератора одновременно и управлять ими параллельно. В программе присутствует окно диагностики ошибок для каждого генератора. В случае указания исходные параметры некорректно или неправильно подключённых выводов на внешней панели модулей, то программа выводит ошибку на экран. В случае если указаны какие-либо граничные значения, в окне высветится соответствующее предупреждение, но генератор при этом запустится.

Так же была разработана программа для векторного анализатора ВЧ сигнала, которая позволяет наблюдать сигнал в заданном диапазоне частот, который задает пользователь.

После проведения повторных работ была проверена корректность работы программного обеспечения и готовность рабочего места для дальнейших исследований.

Обнаружение низкоскоростных малоразмерных воздушных целей с помощью наземной малогабаритной РЛС

Карпов Г.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ясенцев Д.А.
МАИ, каф. 401
greg94@yandex.ru

Беспилотные летательные аппараты в настоящее время распространены повсеместно. В частности, в военных целях, при разведке местности и обнаружении позиций противника используются малые ДПЛА, оснащаемые видео- и фотоаппаратурой, а также ИК-камерами. Особенностями подобных ЛА как целей для РЛС являются: малая скорость полёта (около 30 м/с), низкая ЭПР, обусловленная как малыми геометрическими размерами ДПЛА, так и композитными материалами конструкции самого ДПЛА, небольшая высота полёта. Все эти особенности накладывают особые требования на РЛС, целью которой являются подобные летательные аппараты.

Одной из наиболее серьезных проблем, возникающих в данных РЛС, является подавление пассивных помех, порождаемых переотражением зондирующего сигнала от подстилающей поверхности. Подавление этих помех возможно за счёт различия их характеристик с характеристиками полезного сигнала, отражённого от подвижно воздушной цели. Основными различиями в структуре сигналов являются пространственно-временными и частотными. Наиболее разработанными являются методы селекции движущихся целей на основе частотной фильтрации. Основой этих методов является то, что сигнал подвижной воздушной цели смещён относительно сигнала пассивной помехи на частоту Доплера. Это даёт возможность реализовать фильтрацию

сигналов помех в частотной области, обеспечив при этом прозрачность для сигналов движущихся целей.

Работа посвящена разработке моделей системы селекции движущихся целей (СДЦ) для обнаружения малоразмерных целей с помощью наземной малогабаритной РЛС. Под малоразмерными целями в данном случае подразумеваются дистанционно-пилотируемые (беспилотные) малые летательные аппараты (БПЛА, ДПЛА) массой до 100 кг.

Для проведения оценки качества системы селекции движущихся целей были разработаны модель пассивной помехи от подстилающей поверхности, формируемая на основе её спектрального представления, модель сигнала от цели и модели фильтров чересперiодной компенсации первого и второго порядков (ЧПК-1 и ЧПК-2).

В ходе исследования работы системы СДЦ при обнаружении беспилотных летательных аппаратов был проведен ряд экспериментов для различных видов подстилающей поверхности и количества импульсов в пачке.

Для оценки качества работы системы селекции движущихся целей были рассчитаны такие показатели, как коэффициент улучшения, коэффициент подавления и коэффициент подпомеховой видимости. Расчёт этих показателей производился на основе анализа входных и выходных реализаций помехового и полезного сигналов при проведении математического моделирования.

Обзор прикладных проблем систем беспилотных летательных аппаратов

Кондратьева С.Г., Шмачилин П.А., Гаджиев Э.В.
МАИ, каф. 406
kondratieff89@ya.ru

Развитие микроконтроллерной техники в последние годы создало почву для бурного развития рынка систем малых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Доступность комплектующих, либо готовых устройств БПЛА, а также информации в открытых источниках сети Internet по сборке, настройке и оптимизации подобных систем обеспечивает практически любого возможностью получить устройство, способное к автономному управляемому полёту на дальности до 7 км, высотой до 1 км, длительностью порядка 20 минут с возможностью передачи видеопотока данных в HD-качестве в режиме реального времени. Подобные устройства оснащаются высокоточными средствами инерциальной и спутниковой ориентации в пространстве, а также рядом датчиков контроля окружающего пространства, способными предупреждать столкновения с окружающими предметами. Наличие свободного неконтролируемого доступа к подобным средствам населения приводит к проблемам контроля воздушного пространства над особыми зонами.

Малые размеры и масса БПЛА при достаточно большой их энерговооружённости, обеспечивающей высокую манёвренность, делает из этих устройств достаточно сложную цель для обнаружения и сопровождения. Малые ЭПР в сантиметровом диапазоне приводят к малой эффективности стандартных средств РЛС, а высокая манёвренность и малые физические размеры при сравнительно низкой стоимости делают экономически невыгодными применение стандартных средств ПВО для поражения объектов данного класса.

В работе приведён анализ основных проблем обнаружения, сопровождения и идентификации малых БПЛА, а также возможных проблем перехвата данных устройств и путей их решения. Рассмотрены средства радиолокационного, акустического, радиообнаружения, а также средства и методы подавления каналов управления, спутникового геопозиционирования и функционального электромагнитного поражения.

Развитие рынка малых БПЛА с телевизионным дистанционным управлением, а также средств автоматизированного пилотирования и навигации требует от бортовых систем точной ориентации в пространстве. Отчасти данная задача решается средствами систем спутникового позиционирования. Однако полёт в помещении, либо в пространстве с близкорасположенными объектами, столкновение с которыми критично для БПЛА, требует наличия на борту как отдельных датчиков, так и целых систем локации объектов

окружающего пространства. В работе рассматриваются возможности применения бортовых лазерных 3D-сканеров, а также РЛС миллиметрового диапазона.

Оценка угловых координат малоразмерных воздушных целей в малогабаритной наземной РЛС

Королев А.Р.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ясенцев Д.А.
МАИ, каф. 401
alex.kor555@gmail.com

Работа посвящена разработке алгоритмов оценки угловых координат малоразмерных целей, а также алгоритмов вторичной обработки, обеспечивающих угловое сопровождение цели, для малогабаритной наземной РЛС. Под малоразмерными целями в данном случае подразумеваются дистанционно-пилотируемые (беспилотные) малые летательные аппараты (БПЛА, ДПЛА) массой до 100 кг.

Беспилотные летательные аппараты играют важную роль в решении задач видовой разведки. Особую роль при вскрытии позиций противника играют малые ДПЛА, оснащаемые видео- и фотоаппаратурой, а также ИК-камерами. Массированное применение дешёвых ДПЛА может быть использовано также и для создания «эффекта роя», приводящего к перегрузке системы вторичной обработки целей РЛС, снижая тем самым её эффективность. Особенностями подобных ЛА как целей для РЛС являются: малая скорость полёта (около 30 м/с), низкая ЭПР, обусловленная как малыми геометрическими размерами ДПЛА, так и композитными материалами конструкции самого ДПЛА, небольшая высота полёта. Все эти особенности накладывают особые требования на РЛС, целью которой являются подобные летательные аппараты.

В ходе выполнения исследований разработаны модель моноимпульсной системы с суммарно-разностным дискриминатором при амплитудном пеленговании. Для выбранной схемы пеленгатора были разработаны алгоритмы сглаживания угловых координат, обеспечивающие сопровождение малых целей, в том числе маневрирующих.

Алгоритмы реализуют метод последовательного сглаживания при гипотезе о линейном изменении сглаживаемого параметра (α–β фильтр). Коэффициенты сглаживания α, β могут изменяться на каждом шаге в зависимости от ошибок единичных измерений, маневренных возможностей целей и темпа сопровождения.

Разработан алгоритм формирования текущих оценок ошибок. Алгоритм представляет собой рекуррентную процедуру расчета ковариационной матрицы оценок и возможных динамических ошибок на каждом шаге. При расчете учитываются ошибки единичных измерений, текущие значения коэффициентов сглаживания α, β и интенсивность возможного маневра.

Применение многопозиционного радиолокатора для обзора летного поля

Кохан В.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ясенцев Д.А.
МАИ, каф. 401
vladkohan@list.ru

Несмотря на значительное количество радиотехнических средств, функционирующих на территории современных аэропортов, вопрос обеспечения безопасности движения летательных аппаратов в зоне аэропортов является актуальным и на сегодняшний день.

На данный момент на рынке представлено несколько радиолокаторов, осуществляющих обзор летного поля, однако все они имеют ряд недостатков и вследствие этого не удовлетворяют желаемым требованиям. Целью исследования является разработка многопозиционной радионавигационной системы, способной обеспечить потребителя достаточной и точной информацией для обеспечения безопасного движения по летному полю.

В разрабатываемой системе используется разностно-дальномерный позиционный метод определения местоположения объекта в пространстве. В позиционных методах местоположение объекта относительно опорных радиостанций находят как точку пересечения поверхностей положения, либо линий положения в случае, если можно пренебречь информацией о высоте объекта. В разностно-дальномерном методе такой поверхностью положения является гиперболоид. Так как разностно-дальномерные устройства являются пассивными, возникает необходимость в получение внешнего по отношению к устройству сигнала. В разрабатываемой системе таким сигналом был выбран сигнал системы RBS с расширенным сквиттером, предназначенной для государственного опознавания летательных аппаратов и управления воздушным движением.

Основными параметрами радионавигационных устройств являются их точностные характеристики, то есть оценка ошибки определения местоположения. Для многопозиционных систем ошибка определения местоположения находится с помощью расчета геометрического фактора, который зависит от взаимного расположения опорных радиостанций, и точности определения радионавигационных параметров. Исследование проводилось с помощью моделирования системы в Matlab. Оценивалась пригодность сигнала системы RBS для осуществления навигации летательных аппаратов и других подвижных объектов, находящихся на территории аэропорта. Затем была создана модель системы и определены геометрический фактор и ошибки первичных измерений разности расстояний.

Синтез спектра сигнала при использовании пачки ЛЧМ-импульсов со сдвигом несущей частоты

Красавин Д.С.
Научный руководитель – д.т.н. Гаврилов К.Ю.
МАИ, каф. 401
krasawin.dim@yandex.ru

В настоящее время в радиолокации актуальным направлением является повышение разрешающей способности РЛС в режиме картографирования путем реализации математических алгоритмов обработки отраженного сигнала. Наибольшее распространение получили алгоритмы синтезирования апертуры, позволяющие получить разрешение до 25 см по угловой координате, однако существенного улучшения разрешения по дальности при этом не происходит. Выходом из этой ситуации может стать использование широкополосных сигналов, но в этом случае возникает ограничение, вызванное в первую очередь возможностями современных АЦП.

Возможным решением данной проблемы может стать использование алгоритма синтеза спектра сигнала при использовании пачки ЛЧМ-импульсов со сдвигом несущей частоты. Целью этого алгоритма является получение широкополосного сигнала путём излучения в различные моменты времени узкополосных сигналов с последующей совместной обработкой. В качестве единичного импульса используется ЛЧМ-сигнал с девиацией частоты ΔF. При использовании пачки импульсов несущая частота каждого импульса имеет вид $f_n = f_0 + (n\text{-}1)\Delta F$, где $n = 1,2... N$ - номер импульса, N - число импульсов в пачке, f_0 - несущая частота первого импульса. Совместная обработка таких импульсов эквивалентна мгновенному излучению широкополосного ЛЧМ-сигнала с шириной спектра ΔFN.

В работе проведено компьютерное моделирование, демонстрирующее возможность синтеза спектра сигнала в импульсной РЛС, а также влияние нестабильностей начальных фаз ЛЧМ-импульсов на синтезированный спектр и характеристики полученного сжатого сигнала.

Основным достоинством данного метода является возможность использования АЦП с частотой дискретизации в N раз меньше, чем при излучении широкополосного импульса. При этом разрешающая способность по дальности может быть улучшена в N

раз по сравнению с использованием в качестве зондирующего сигнала одиночного ЛЧМ-импульса с девиацией частоты ΔF.

В работе приведён анализ совместной обработки пачки ЛЧМ-импульсов путём переноса спектра каждого ЛЧМ-импульса на нулевую частоту. Возможно совместное использование алгоритмов синтеза спектра и синтезирования апертуры, что позволяет получать радиолокационные карты местности высокого качества.

Направленные свойства кольцевых антенных решеток

Кривощеков В.П.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Неудакин А.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 102
ircneuss@mail.ru

Одно из важных и перспективных направлений современной радиолокационной техники связано с освоением активных фазированных антенных решеток и их использования в составе радиолокационных станций. На практике в ряде случаев находят применение кольцевые (круговые и эллиптические) антенные решетки, которые относятся к неэквидистантным антенным решеткам. Переход от эквидистантного расположения излучателей к неэквидистантному позволяет придать антенной решетке ряд новых свойств: при увеличении расстояния между излучателями сохраняется однолепестковая диаграмма направленности (для эквидистантных систем появляются главные максимумы высших порядков); уменьшение уровня боковых лепестков в неэквидистантных антенных решетках с равноамплитудным распределением; при заданной ширине диаграммы направленности число излучателей в неэквидистантной антенной решетке может быть меньше, чем в эквидистантной антенной решетке при одинаковых размерах антенных решеток.

Для исследования направленных свойств неэквидистантных антенных решеток разработаны математические модели диаграммы направленности и геометрии излучающего раскрыва. На основе математической модели геометрии излучающего раскрыва в МАТКАД была разработана программа, формирующая массивы для координат излучателей неэквидистантной антенной решетки (круговой и эллиптической).

На основе математических моделей проведены исследования направленных свойств кольцевых антенных решеток. Исследования проводились в два этапа. На первом этапе путем изменения шага между излучателями и расстояния между кольцами, определялись ширина диаграммы направленности, уровень боковых лепестков и количество излучателей в раскрыве. На втором этапе были проведены исследования зависимостей ширины диаграммы направленности и уровня боковых лепестков от угла сканирования при различных расстояниях между излучателями.

На основе проведенного анализа результатов исследований сделаны следующие основные выводы: ширина диаграммы направленности практически остается неизменной при изменении расстояния между излучателями; при изменении расстояния между излучателями ближние боковые лепестки не изменяются; кольцевая структура антенных решеток позволяет располагать излучатели на относительно большом расстоянии при сохранении требуемых значений ширины диаграммы направленности и уровня боковых лепестков. Полученные результаты моделирования и исследования направленных свойств кольцевых антенных решеток могут быть использованы при проектировании бортовых РЛС на основе активных фазированных антенных решеток.

Исследование возможностей применения GPS модуля NI PXI-6683H для сбора радиолокационных данных с двух разнесённых позиций

Кузнецова Я.Д., Щербакова М.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель каф. С-14 Вицукаев А.В.
Филиал «Стрела» МАИ
mary125k94@gmail.com

Для проведения исследований временной синхронизации с использованием спутниковой системы Global Positioning System (GPS) для сбора радиолокационных данных с двух разнесенных позиций была поставлена задача создать рабочее место на базе модульного оборудования и программных средств разработки компании National Instruments (NI).

Требования для создания рабочего места были поставлены такие:

- две разнесенные позиций;
- расстояние между позициями более 100 м;
- нет возможности соединения кабелями разнесенных позиций;
- синхронизация каналов измерения с точностью до 10 мкс.

На основании данных требований было создано рабочее место, в состав которого вошли два шасси NI PXIe-1065, в которых были установлены модули синхронизации NI PXI-6683H, и две антенны GPS.

Программное обеспечение было разработано в среде программирования NI Labview 2014 с программным модулем NI-Sync. Была произведена сборка этого стенда и выполнена отладка, которая включала в себя снятие следующих показаний системы:

- наличие подключения антенны GPS;
- количество обнаруженных спутников;
- точное местное время;
- координаты месторасположения.

Временная синхронизация по GPS имеет свои особенности. Для расчета точного времени и местоположения встроенному GPS приемнику в устройстве NI PXI-6683H требуется несколько сигналов от спутников. Чем больше спутников доступно приемнику, тем более точно он определяет местоположение и время. Поэтому расположение антенны GPS должно быть таким, чтобы он принимал сигналы от наибольшего числа возможных спутников.

На следующем этапе был произведен анализ временной погрешности между двумя модулями NI-PXIe-6683H. Для этого была написана программа, которая определяет текущее время по GPS, местоположение и временную разницу зафиксированных показаний между двумя модулями. Погрешность была выявлена и составляла порядка 10^{-6}с, что на данном этапе работы является допустимой.

Данная работа позволит реализовать режим пассивной радиолокации для обнаружения объектов с помощью сторонних источников излучения или временную синхронизацию разнесенного в пространстве оборудования, например, для синхронизации данных между двумя ЛА.

Методика оценки уязвимости межсетевых экранов нового поколения

Лапенко А.О., Калайтан А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Стрельчук С.Г.
МАИ, каф. 409Б
laolao425@yandex.ru

Актуальность данной темы обуславливается тем, что задача защиты информации при передачи средствами сетей Ethernet, не безопасна. В связи с этим объектом исследования являются межсетевые экраны нового поколения. В качестве предмета исследования данной работы рассматривается уязвимости МЭ. Цель исследования состоит в том, чтобы разработать методику оценки уязвимости межсетевых экранов нового поколения.

Первый коммерческий межсетевой экран (МСЭ) появился уже в 1994 году. Он позволял перекрывать доступ к сетям и трафику организаций из общедоступного Интернета, и защищать их от перехвата данных и других потенциальных онлайн-рисков, несмотря на то, что реальные угрозы на начальной стадии становления Сети были очень незначительны. Технология МСЭ значительно преобразилась. С развитием Интернета и ростом угроз безопасности эволюционировали и межсетевые экраны, чтобы оперативно отражать новые угрозы, несмотря на то, что в течение долгого времени им постоянно предсказывали скорую кончину. Затем последовала эволюция ИТ-инфраструктур, возникли еще более сложные для нейтрализации угрозы, а вместе с ними и новая волна предупреждений о том, что межсетевые экраны устаревают, становятся ненужными. Первые такие опасения появились в конце 90-х, когда в организациях начали активно использоваться ноутбуки и удаленный доступ к ресурсам, что, как утверждалось, должно было привести к размытию границ периметра сети. Повторно их озвучили несколько лет спустя, на этот раз в связи с популяризацией виртуальных частных сетей на основе SSL и началом активного использования смартфонов и других персональных устройств для доступа к корпоративной сети. Сейчас критики говорят о том, что конец межсетевому экрану положит развитие облачных приложений. В действительности же непрекращающаяся эволюция этой технологии свидетельствует о том, что МСЭ по-прежнему остается краеугольным камнем эффективной системы безопасности предприятий.

Так же как пограничные пункты применяют все более сложные технологии досмотра людей, грузов и багажа, пересекающих границу, для обнаружения потенциальных скрытых угроз, современные межсетевые экраны давно перестали просто проверять определенные порты, IP-адреса, отслеживать обмены пакетами данных между адресами и принимать решения о дальнейшем разрешении/запрете трафика. Эволюция технологии началась со структурированных проверок с отслеживанием состояния, мониторинга данных, проходящих через межсетевой экран, с последующим распознаванием моделей и их анализом. Затем у МСЭ появилась функция детального рассмотрения активности конкретных приложений и пользователей. Межсетевые экраны, которые могут идентифицировать используемые приложения, часто называют «шлюзами безопасности нового поколения» (NGFW), но этот термин вводит людей в заблуждение, потому что подобные функции широко используются в этих системах защиты уже более десяти лет. Главной задачей межсетевого экрана становится умение анализировать проходящий через него трафик и точно определять, какие корпоративные и онлайн-приложения запущены в сети и кто из пользователей работает с ними. Такая детальная информированность необходима организациям – она позволяет повышать качество и управлять эффективностью работы суб-приложений. Помимо этого межсетевые экраны предлагают дополнительные функции обеспечения безопасности, среди них – фильтры URL-адресов, антиспамы, антивирусы, антиботы, предотвращение потери данных, контроль доступа с мобильных устройств и многие другие.

Требования к РЛС обнаружения малых БПЛА

Лебединский С.Л.
МАИ, каф. 401
egel_@mail.ru

Возможности современных малых беспилотных летательных аппаратов (МБПЛА) позволяют использовать их во многих сферах человеческой жизнедеятельности. Широкие возможности по их использованию при ведении специальных операций и совершения противоправных действий диктуют необходимость в контроле за МБПЛА в районах повышенного контроля – вблизи объектов энергетики, опасных производств, охраняемых объектов военного и специального назначения. Использование для решения подобных задач средств радиолокационного обнаружения МБПЛА, в том числе, в районах боевых действий, является одной из приоритетных задач для разработчиков РЛС.

Малые БПЛА являются сложной для обнаружения радиолокационными средствами целью. Небольшие габариты (размах крыльев около 0.5 метров), конструкция, выполненная из композиционных материалов, делает ЭПР подобных воздушных целей очень малой (менее 0.1 квадратного метра). Небольшие скорости (около 100 км/ч) осложняют селекцию сигнала от МБПЛА на фоне отражений от подстилающей поверхности. Кроме того, малая ЭПР подобных МБПЛА требует увеличения энергопотенциала радиолокационных средств наблюдения для обеспечения заданного отношения «сигнал-шум».

Основой частотной селекции подвижных воздушных целей на фоне отражений от подстилающей поверхности является различие спектральных характеристик отражённых сигналов. Спектральная плотность отражений от подстилающей поверхности находится вблизи частот, кратных частоте повторения зондирующих импульсов РЛС. Ширина спектра определяется среднеквадратическим значением разброса скоростей отражателей, находящихся на подстилающей поверхности. Спектральные составляющие сигнала, отражённого от воздушной цели, смещены на величину доплеровской частоты.

Соотношение мощностей мешающих отражений от подстилающей поверхности и полезного сигнала на входе системы селекции движущихся целей определяется соотношением эффективных площадей рассеяния цели и фона в пределах элемента разрешения РЛС. Размеры элемента разрешения РЛС в радиальном направлении определяются шириной спектра зондирующего сигнала, а в поперечном – шириной диаграммы направленности антенны РЛС и расстоянием до цели.

Работа посвящена оценке требований к системе СДЦ для малогабаритной наземной РЛС, работающей в дециметровом диапазоне длин волн.

Моделирование электродинамических процессов методом конечных разностей во временной области

Луговской А.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Гиголо А.И.
МАИ, каф. 406
ls-96@yandex.ru

Стремительное развитие вычислительной техники дало возможность решать множество электродинамических задач с помощь численных методов. На сегодняшний день существуют множество программных продуктов, среди которых ярким примером может служить CST MICROWAVE STUDIO/CST STUDIO SUITE 2016, позволяющие решать и оптимизировать задачи возбуждения, распространения, дифракции и рассеяния электромагнитных волн. Однако, подобные пакеты сложны в освоении, требуют от пользователя высокий уровень подготовки, а также являются дорогостоящим программным обеспечением. В связи с этим, актуальной и востребованной задачей является разработка учебной программы моделирования электродинамических процессов, которая позволила бы студенту 2–3 курса дополнить практическим содержанием теоретический курс, а также стала бы первым шагом в освоении численных методов в электродинамике.

В основу решения этой задачи положен ***метод конечных разностей во временной области*** (КРВО) (англ. Finite Difference Time Domain, FDTD) – основной метод для решения самых разных электродинамических задач как для радиодиапазона, так и оптического. В своей классической постановке метод КРВО основан на простой и элегантной дискретизации уравнений Максвелла, записанных в дифференциальной пространственно-временной формулировке. Сетки для электрического и магнитного полей смещены по отношению друг к другу во времени и пространстве на половину шага дискретизации по каждой из переменных. Конечно-разностные уравнения позволяют определить электрическое и магнитное поля в данный момент времени на основании известных значений полей в предыдущий момент времени, и при заданных начальных условиях вычислительная процедура разворачивает решение во времени от начала отсчета с заданным шагом.

Программное обеспечение реализуется в среде разработки «Qt Creator» на языке программирования C++ с использованием графического модуля «QCustomPlot», позволяющим строить 2D/3D графики и визуализировать данные, полученные в ходе расчетов.

Программа состоит из трёх основных модулей:

1. Визуально-графический модуль – обеспечивает интуитивное понимание пользователем программы и предоставляет возможность ввода исходных данных.
7. Счетное ядро – рассчитывает с помощью метода КРВО значения компонент электромагнитного поля в заданной области моделирования.
8. Модуль постобработки и вывода данных – наглядно показывает результаты решения электродинамической задачи, выводит временные и частотные зависимости, характеризующие процессы распространения электромагнитных волн.

Разрабатываемое в рамках НИРС программное обеспечение реализует один из популярнейших методов численного решения электродинамических задач, не перегружено большим количеством функций и переменных, является простым в освоении для студентов и преподавателей, что позволит использовать его в учебном процессе на практических и лабораторных занятиях. Работа с данной программой должна помочь студенту освоить численные методы решения электродинамических задач и стать первым шагом на пути освоения современных пакетов электродинамического моделирования, работа с которыми необходима современному радиоинженеру.

Наблюдение малоразмерных беспилотных летательных объектов в РЛС мониторинга воздушного пространства.

Марин Д.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Расторгуев В.В.
МАИ, каф. 407
marindv@gmail.com

В последнее время наблюдается увеличение количества используемых беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Это связано с расширением сферы применения подобных устройств: это и системы доставки грузов, и сбор оперативной информации в условиях стихийных бедствий, техногенных катастроф, военных конфликтов. В тоже время, растут риски, связанные с противоправными действиями, совершенными при помощи дронов, начиная от несанкционированной съемки объектов частной собственности, заканчивая контрабандой и организацией террористических атак на охраняемые государственные объекты. Однако, принимаемые меры обеспечения безопасности при организации управления движением БЛА недостаточны. Таким образом, возникает необходимость создания независимой объективной системы контроля за БЛА. Такая система должна быть работоспособной в любых погодных условиях и круглосуточно, позволять определять местоположение и скорость цели. Поэтому основой такой системы контроля должны стать РЛС мониторинга воздушного пространства.

Рассматривая стационарный вариант размещения, подобные РЛС, выполняющие функции охраны и диспетчирования, должны позволять обнаруживать и определять координаты широкого класса воздушных объектов с малыми величинами ЭПР и достаточно малыми радиальными скоростями движения. Данные обстоятельства требуют от подобных РЛС высокой разрешающей способности по дальности и азимуту, высокого темпа сканирования, низкого уровня боковых лепестков функции селекции. Учитывая ограничения на массогабаритные характеристики, подобным требованиям удовлетворяют РЛС как сантиметрового, так и миллиметрового диапазона длин волн. Принимая во внимание особенности распространения и затухания ЭМВ, а также значения ЭПР малоразмерных БЛА, остро встает вопрос выбора частотного диапазона.

В рамках решения данного вопроса в НИО–407 МАИ были организованы испытания экспериментального макета РЛС с непрерывным зондирующим сигналом с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), работающего в миллиметровом диапазоне длин

волн, в ходе которых проверялась возможность обнаружения малоразмерных и низкоскоростных БЛА.

В результате натурных испытаний РЛС были получены оценки ЭПР малоразмерных БЛА, на основе которых были рассчитаны рубежи обнаружения. В процессе испытаний кроме БЛА, хорошо наблюдались и другие объекты: люди, легковые автомобили. Использование алгоритмов СДЦ по положению с поэлементным адаптивным порогом позволило обнаруживать зависший и двигающийся с низкой скоростью квадрокоптер. Проведен сравнительный анализ с данными, полученными в ходе аналогичных экспериментов с РЛС сантиметрового диапазона.

Разработка излучателя для антенной решетки P-диапазона

Мезин В.Р.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Добычина Е.М.
МАИ, каф 406
vmezin@icloud.com

Антенная решетка (АР) P-диапазона предназначена для работы в составе радиолокационной системы с синтезированной апертурой (РСА) авиационного базирования. АР существующей системы обеспечивает работу на двух ортогональных поляризациях, имеет относительную рабочую полосу частот более десяти процентов, хорошую развязку между поляризационными каналами и достаточно низкий коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) в рабочей полосе частот. Изготовленные ранее решетки достаточно хорошо показали себя в опытной эксплуатации, однако они требуют проведения трудоемкой настройки для удовлетворения требований по КСВН. Для сокращения сроков поставок АР необходимо провести ее модернизацию с минимальным объемом доработок.

Основным элементом в составе АР, влияющим на КСВН, является двухполяризационный излучатель. Новый излучатель должен иметь те же конструктивные элементы крепления к раме и расположение СВЧ-входов, что и прототип. Таким образом, задача по разработке нового модернизированного излучателя P-диапазона, не требующего настойки, в составе АР является актуальной.

В ходе разработки была создана компьютерная электродинамическая модель излучателя и исследованы его S-параметры и характеристики направленности. Модель позволила оптимизировать его конструкцию для достижения минимальных отражений от СВЧ-входов и максимальной развязки между поляризациями. Благодаря этому спроектирован новый излучатель, который представляет собой два полуволновых вибратора, расположенных ортогонально. Предложено изготавливать их из фольгированного стеклотекстолита. Для расширения рабочей полосы над вибраторами размещена квадратная металлическая пластина. Излучающие элементы располагаются на конструктивной детали, выполненной из пенопласта, в которой выточены специальные полости для размещения вибраторов и пластины. Выбор такой конструкции был обусловлен простотой изготовления и требованиями малой массы изделия.

После завершения компьютерного моделирования и получения положительных результатов была разработана эскизная документация на излучатель и изготовлен его макет для экспериментальной проверки характеристик. Рассмотрены его КСВН и КП между поляризационными каналами. Полученные характеристики излучателя P-диапазона соответствуют предъявляемым требованиям и хорошо сходятся с расчетными данными.

Таким образом, работу по модернизации двухполяризационного излучателя можно признать успешной. Достоверность полученных результатов обусловлена использованием современных электродинамических моделей, позволяющих минимизировать затраты на разработку и конструирование.

Исследование точности многоэтапного алгоритма пеленгации точечных источников излучения на основе параметрического спектрального анализа в условиях многолучевого распространения радиоволн

Мерьков А.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Сычев М.И.
МАИ, каф. 401
baracuda@ya.ru

В настоящее время методы параметрического спектрального анализа получили широкое распространение в цифровой обработке сигналов, благодаря своей высокой точности и высокой вычислительной мощности современных ЭВМ, позволяющим производить сложные вычисления за короткое время. Основное применение эти методы нашли в задачах оценки центральных частот узкополосных сигналов при наличии аддитивного БГШ. Также данные алгоритмы применяются в пространственно-временной обработке сигналов для определения числа и углового положения нескольких точечных источников узкополосного излучения. Среди этих методов наиболее широко известны: MUSIC, Root MUSIC, EV, ESPRIT. Однако у всех этих методов два серьезных недостатка:

– они не могут работать в условиях многолучевого распространения;

– не учитывают конфигурацию антенной решетки (АР), поэтому могут работать только в случае линейной эквидистантной (ЛЭАР) или плоской (ПАР).

Эти недостатки выявляют необходимость в создания такого метода пеленгации, который обладал следующими качествами:

– мог работать в условиях многолучевого распространения;

– учитывал все особенности АР: конфигурацию, диаграмму направленности (ДН) элементов, комплексные частотные характеристики приемных каналов, позволяя применять его для любой антенной решетки.

В данной статье рассматривается статистический синтез такого метода, приводятся результаты статистического моделирования работы алгоритма для различных конфигураций АР, в различных тактических ситуациях и приводятся статистический рассчитанные среднеквадратические отклонения (СКО) оценки угловых координат, в зависимости от различных параметров полезных сигналов и помех. На основе этих результатов были сделаны выводы о точности предложенного метода и определенны рекомендации для использования его при различных конфигурация АР.

Алгоритм позволяет существенно повысить точность определения угловых координат (до 0,025 градуса) в системах посадки самолетов при наличии помех, вызванных зеркальным отражением и в системах пеленгации сигналов сотовой связи в условиях плотной городской застройки, вызывающей побочные переотражения радиоволн.

Эффективность применения корректирующих кодов для сетевых приложений прикладного уровня

Мешавкин К.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Карпухин Е.О.
МАИ, каф. 402
meshavkin1996@gmail.com

Использование гибридных системс обратной связью и методами помехоустойчивого кодирования обусловлено тем, что хотя одним из наиболее эффективных способов обеспечения надежной доставки сообщений является м механизма FEC, но при малых задержках в сети накладные расходы на кодирование достаточно велики, поэтому требуется использовать гибридный механизм, который при малых задержках в сети использует не FEC, а ARQ. Эти гибридные механизмы находят широкое применение в сетевых приложениях прикладного уровня, но остается открытым вопрос об эффективности используемых в них кодах.

Необходимо отметить уникальные особенности реализации каждого из кодеков:

- Кодер и декодер расширенных кодов с проверкой на четность используют единственный метод, который отвечает за вычисление контрольной суммы, что позволяет как получить проверочные символы, так и восстановить утраченные. Данный подход упрощает реализацию кодека;
- Коды Рида-Соломона не требуют определения позиций ошибок (т.н. «стираний»). Для систем с механизмом FEC это является существенным преимуществом, однако для гибридной ARQ/FEC системы данные коды не дают эффекта из-за использования идентификаторов для подтверждения принятых пакетов;
- «Сетевой» код позволяет декодировать пакеты «на лету», не требуя доставки всех пакетов с избыточностью при количестве ошибок, меньшем корректирующей способности;
- Декодирование расширенных кодов с проверкой на четность и «сетевого» кода предполагает передачу идентификаторов потерянных пакетов соответствующему методу декодирования.

С помощью программной модели была проведена оценка кодеков расширенного кода с проверкой на четность, кодов Рида-Соломона и «сетевого» кода со следующими параметрами:

- Размер информационной последовательности (измеряется в количестве пакетов);
- Корректирующая способность кода (измеряется в количестве пакетов);
- Размер пакета (измеряется в байтах);
- Количество искаженных (потерянных) пакетов.

Полученные результаты показали, что расширенный код с проверкой на четность позволяет обеспечить наибольшую скорость передачи данных практически для всех параметров, однако не может восстановить более одного пакета, что сильно ограничивает области его применения.

Код Рида-Соломона показал худшие результаты по сравнению с «сетевым» кодом. Он в 3 раза медленнее осуществляет кодирование данных и в 4 раза их декодирование. Это связано в том числе и с тем, что для укорачивания кода применяется дополнение информационных слов нулевой последовательностью байт до требуемого кодером размера, которая хоть и не передается по каналу, но негативно влияет на скорость обработки данных в связи с увеличением количества кодовых слов.

«Сетевой» код, помимо более высокой скорости обработки данных по сравнению с кодом Рида-Соломона, может также работать с корректирующей способностью больше 8 пакетов, а также сам процесс формирования кодового слова и декодирования проще, чем у кодов Рида-Соломона.

Разработка модели и анализ качества работы траекторного фильтра в среде Simulink

Мешков А.В.
Научный руководитель – к.т.н. Каменский И.В.
МАИ, каф. 401
alex.mesh13@gmail.com

Моделирование и анализ работы алгоритмов, фильтров траекторной обработки радиолокационного сигнала, одна из необходимых задач для достижения требований, предъявляемых стандартом Евроконтроля к точности определения траектории движения летательных аппаратов. Для решения этой задачи целесообразно использовать различные среды математического и визуального моделирования, одной из которых является использованная в данном исследовании среда визуального моделирования Simulink, входящая в состав математического аппарата Matlab.

Разработанная модель работы траекторного фильтра с эффективной конечной памятью (ФЭКП) второго порядка в среде Simulink позволила провести моделирование его работы в условиях, регламентируемыми стандартом Евроконтроля гражданской

авиации в случае движения летательного аппарата по прямолинейной и круговой траектории.

На основании полученных результатов моделирования, осуществлен анализ качества работы модели фильтра и сравнение полученных данных с требованиями стандарта Евроконтроля гражданской авиации, предъявленными к обработке вторичной радиолокационной информации.

Исследованный ФЭКП второго порядка показал удовлетворительные результаты работы на прямолинейном участке траектории, однако не соответствует нормам стандарта Евроконтроля гражданской авиации при движении летательного аппарата по окружности, в процессе которого возрастает ошибка местоопределения. Такая модель поведения для ФЭКП второго порядка соответствует теоретической, поэтому разработанную модель можно считать достоверной и пригодной для моделирования тактической ситуации захода на посадочный круг летательного аппарата в окрестности аэродромов оборудованных траекторными устройствами сопровождения данного типа.

Кроме того, по результатам проведенного моделирования и анализа качества работы траекторных фильтров с постоянными коэффициентами (ФЭКП) можно сделать заключение, что для надежного, удовлетворяющего требованиям стандарта Евроконтроля гражданской авиации, сопровождения летательных аппаратов в зоне посадки при управлении воздушным движением целесообразно использовать многомодельные фильтры траекторной обработки вместо классических фильтров ФЭКП второго порядка.

Основные тенденции и перспективы развития спутникового широкополосного доступа для аэромобильных абонентов

Нестеров А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Важенин Н.А.
МАИ, каф. 408
nesterov@mniirs.org

В настоящее время всё большим спросом пользуются услуги предоставления авиапассажирам спутникового широкополосного доступа в Интернет.

В подобные системы в настоящее время входят два крупных сегмента: 1) радиолинии передачи информации между шлюзовой земной станцией и аэромобильной (самолетной) абонентской станцией через спутник; 2) среда доступа пассажиров самолета к широкополосному ресурсу аэромобильной абонентской станции.

Первый сегмент образуют прямая линия, соответствующая передаче информации от шлюза к самолету, и обратная линия – для противоположного направления передачи. Каждая из этих линий имеет канал «вверх» и канал «вниз», где «вверх» – это передача информации на спутник, а «вниз» – со спутника. Второй сегмент обеспечивает передачу информации на борту между аэромобильной станцией и абонентскими устройствами пассажиров; он может использовать стандарты сотовой связи, Wi-Fi (IEEE 802.11) или авиационные стандарты, например, ARINC 429.

В настоящее время в России разработана линейка комплексов цифровой связи (КЦС) для воздушных судов на базе станций спутниковой связи Ku-диапазона, которые обеспечивают предоставление полного спектра мультимедийных услуг: интернет (Wi-Fi), IP-телефон (открытый, закрытый), видеоконференцсвязь (открытая, закрытая), GSM-связь, просмотр телевидения, прослушивание радиопрограмм, обеспечение пассажирам просмотра коллекции видеофильмов, прослушивание музыки, чтение книг, доступа к компьютерным играм, а также предоставление услуг штатному экипажу (обмен аэронавигационной информацией, телефонная связь, передача сигналов ACARS, CPDLC)

Для современного этапа развития и ближайшей перспективы спутникового широкополосного доступа в интересах аэромобильных абонентов в докладе освещаются следующие основные тенденции.

1. Использование геостационарной спутниковой орбиты.
9. Использование «прозрачных» спутниковых ретрансляторов, т.е. без демодуляции и обработки информации на борту спутника.

10. Применение высокоемкостных спутниковых транспондеров с полосой порядка 72 МГц и выше.
11. Использование Ku- и Ka-диапазонов радиоволн с постепенным переходом преимущественно на Ka-диапазон.
12. Организация требуемой зоны обслуживания спутника в Ka-диапазоне с помощью многолучевых бортовых антенн, т.е. в виде объединения парциальных (локальных) зон обслуживания отдельных сфокусированных узких лучей.
13. Использование сотового принципа повторного использования частотного ресурса в парциальных зонах обслуживания.
14. Применение в прямой линии уплотнения каналов, схем модуляции и кодирования, регламентированных стандартом DVB-S2/S2X.
15. Дополнительное развёртывание наземно-воздушной составляющей с использованием протокола LTE по маршруту полёта воздушных судов и формирование гибридной сети связи для увеличения пропускной способности комплексов цифровой связи.

Измерение и анализ пространственно-частотного распределение побочных электромагнитных излучений печатной платы в ближней зоне

Нужнов М.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Кузнецов Ю.В.
МАИ, каф. 405
micksp@mail.ru

Работа электронной схемы всегда сопровождается изменяющимися токами на её поверхности, которые вызывают побочное электромагнитное излучение (ПЭМИ). Миниатюризация и интеграция современных электронных устройств приводит к увеличению влияния компонентов друг на друга посредством ПЭМИ. Всё сложнее становится обеспечить электромагнитную совместимость (ЭМС) устройств, их узлов и компонентов. Кроме того, ПЭМИ может быть обнаружено и принято на значительном расстоянии от устройства, что может создать канал утечки информации.

Целью данной работы является определение источников ПЭМИ и оценка их спектральных, временных и статистических характеристик с целью предсказания их влияния на ЭМС платы.

Существует несколько подходов к анализу ПЭМИ электронных устройств. В работе [1] используется устройство EMSCAN, которое состоит из матрицы пробников ближнего поля. В работах [2, 3] применяют позиционер с пробником для измерения магнитного поля в различных точках и анализатор спектра для анализа сигнала, полученного с пробника. В данной работе также использовался позиционер и пробник магнитного поля, но сигнал с него усиливался и записывался с помощью осциллографа.

В качестве исследуемой печатной платы использовался макет на базе отладочной платы ПЛИС. На отладочной плате генерировалась псевдошумовая последовательность, которая, протекая по дорожке печатной платы, формировала непреднамеренные электромагнитные излучения. Электромагнитное поле фиксировалось с помощью пробников магнитного поля в ближней зоне платы. Для получения пространственного распределения поля пробник перемещался в горизонтальной плоскости с помощью позиционера. Сканирование ПЭМИ платы осуществлялось в области размером 110×95 мм на расстоянии 3мм от платы с шагом 5 мм. В каждой из 23×20 = 460 точек измерения сигнал с выхода пробника подавался на цифровой осциллограф для его дальнейшей обработки. Измерения производились в двух поляризаций магнитного поля.

Для частотного анализа измеренного сигнала использовалась периодограммная оценка. Для анализа временных характеристик использовалась циклостационарная оценка сигнала. В результате анализа были определены несколько источников ПЭМИ, и получены статистические характеристики исследуемого ПЭМИ – излучение от дорожки печатной платы, по которой передавалась псевдослучайная последовательность.

Литература.

1. Bruce Archambeault. Predicting EMI Emission Levels Using EMSCAN // 1993 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility.
16. Jing Fan; Xueguan Liu; Danpeng Xie. Automatic PCB-EMI evaluation system with high-efficiency image mapping method // 2016 IEEE 5th Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation (APCAP), Pages: 219 - 220
17. Yang Zhao, Yan Wei, Feng Zhiming, Yongchao Luo, Li Shijin, Yue Dong. Investigation on radiated EMI noise identification for high speed digital PCB // 2009 5th Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics.

Анализ и обработка изменений сценария наблюдения при вычислении разделённых спутниковых часов в ГНСС

доцент, к.т.н. Подкорытов А.Н.
МАИ, каф. 402
thepompous@gmail.com

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) позволяют определять местоположение подвижных объектов и осуществлять их навигацию на поверхности Земли и в околоземном пространстве. Среди всего многообразия методов местоопределения в ГНСС можно выделить наиболее точные, с использованием которых становится доступна точность абсолютного местоопределения потребителя на уровне сантиметров. Отличительной особенностью таких методов является использование псевдофазовых измерений.

Методы высокоточного абсолютного местоопределения в ГНСС активно развиваются в последние годы. Наиболее оперативные методы высокоточного абсолютного местоопределения требуют использования процедуры разрешения целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений и применения дополнительных спутниковых коррекций (методы Integer PPP).

Одним из наиболее теоретически проработанных является подход с использованием разделённых спутниковых часов, включающих в себя ряд немоделируемых смещений в измерениях. Разделённые спутниковые часы оцениваются при обработке измерений распределённой сети станций (сетевое решение) и затем передаются потребителю для реализации им процедуры целочисленного разрешения неоднозначности псевдофазовых измерений.

В работе рассматриваются алгебраические детали обработки смены спутникового созвездия (изменение сценария наблюдения) в сетевом решении задачи высокоточного местоопределения в ГНСС (метод Integer PPP). Специфика модели разделённых часов такова, что указанные часы в сетевом решении оцениваются смещённо, причём смещение скачкообразно меняется в моменты смены спутникового созвездия. Необходимы обработка и учёт указанных смещений, чтобы исключить их влияние на высокоточное абсолютно местоопределение потребителя. Такая задача осложняется тем, что модель разделённых часов в сетевом решении описывается с использованием теории графов. Задача сетевого решения может быть проиллюстрирована двудольным графом измерений, который удобно описывать матрицей смежности. Так, например, в моменты указанных скачков меняется (как по составу, так и численно) набор оцениваемых параметров в соответствии с изменениями матрицы смежности, отражающими оптимальное для данной эпохи остовное дерево графа измерений.

Проанализированы различные варианты смены спутникового созвездия, разработаны алгоритмы учёта смещений в разделённых спутниковых часах. На реальных данных системы GPS показаны вычислительные примеры работы предложенных алгоритмов.

Продемонстрировано вычисление разделённых спутниковых часов на суточном интервале. Также в работе продемонстрирована необходимость борьбы при обработке со скачками псевдофазовых измерений.

К вопросу повышения эффективности радиотелеметрических систем ракет-носителей и разгонных блоков

Поленов Д.Ю.
Научный руководитель – с.н.с., д.т.н. Мороз А.П.
АО «НПО ИТ»
polenoff.mitya@yandex.ru

Под эффективностью радиотелеметрических систем (РТС) понимается повышение достоверности, оперативности получения, надежности приема телеметрической информации (ТМИ) с борта ракет-носителей (РН) и разгонных блоков (РБ) в соответствии со снижением экономических затрат, а также экономии энергетических и частотных ресурсов радиолинии.

Актуальность задачи повышения эффективности РТС объясняется тем, что существующие РТС РН и РБ не в полной мере обеспечивают решение задач информационно-телеметрического обеспечения (ИТО) при летных испытаниях (ЛИ) и целевом применении (ЦП) указанных изделий. Это отрицательно влияет на оперативность, достоверность и точность принимаемой с борта РН и РБ телеметрической информации (ТМИ).

Для решения поставленной задачи требуется провести работу по следующим направлениям:

– определить основные факторы, приводящие к снижению эффективности РТС;

– повысить стойкость передаваемой информации к импульсным помехам и шумам в условиях ракетной радиолинии;

– разработать методы передачи ТМИ, позволяющие сделать принимаемый телеметрический сигнал более стойким к искажениям при полете изделия на «особых участках» и удобным в обработке на Земле;

– провести исследования точности и достоверности ТМИ при ее передаче в аналоговом и цифровом виде;

– проработать вопросы создания системы радиосвязи РБ – наземный пункт приема ТМИ (НПП), позволяющую принимать ТМИ в режиме реального времени на всем участке полета РБ вне зон радиовидимости (ЗР) НПП, находящихся на территории РФ;

– провести экспериментальные исследования по оценке основных характеристик систем радиосвязи «Борт-Земля» и исследовать влияние их изменения на качество связи;

– провести сравнительную оценку предлагаемых методов повышения эффективности ТС с существующими методами;

– разработать практические рекомендации по применению полученных результатов при создании современных РТС.

Таким образом, в результате проделанных работ главные конструктора получат дополнительные возможности при контроле изделий при ЛИ и ЦП.

Исследование применимости методов прогнозирования для оценки характеристик канала передачи данных

Похвалиев А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Карпухин Е.О.
МАИ, каф. 402
alexpohval@mail.ru

Характеристики канала передачи данных в любых сетях, а особенно, в сетях с плотным трафиком постоянно изменяются. К ним относятся RTT (Round-Trip Time), скорость передачи данных, пропускная способность и вероятность потери пакетов. Именно из-за неадекватности оценки значений этих величин и возникают проблемы информационного взаимодействия в сети, в частности, задержки и потери пакетов. Следствием этого является невозможность адекватно оценить перегрузки в сетях. Для их разрешения используется множество методов, например, механизм перезапроса ARQ совместно с методами кодирования.

Оперативная оценка характеристик канала передачи данных может быть выполнена с применением методов прогнозирования, например, для определения вероятности потери пакета, что позволит выбрать наиболее подходящий метод решения. Кроме того указанная оценка характеристик канала передачи данных позволит эффективно управлять окном передачи, точно оценить качество передачи данных, а также отслеживать вероятность перегрузки в узлах.

Цель данной работы - исследование применимости методов прогнозирования для оценки характеристик канала передачи данных. В работе были сформированы требования, необходимые для выбора методов прогнозирования, решающих поставленную задачу. Одними из таких требований являются возможность работы с искаженными данными, скорость формирования прогноза и его актуальность, так как состояние канала передачи данных очень быстро меняется, а от времени составления прогноза зависит его точность. Т.е. точность прогноза определяется динамической ошибкой формирования прогноза и длительностью интервала времени, в течение которого он используется.

Был проведен сравнительный анализ существующих методов прогнозирования, в ходе которого на основании созданных требований были исключены методы, дающие только долгосрочные и среднесрочные прогнозы, методы экспертной оценки, т.е. любые качественные методы. Таким образом, наиболее отвечающими выставленным требованиям были признаны статистические (регрессионый анализ, методы апроксимации) и нейросетевые методы.

В результате выбора данных методов были выявлены следующие преимущества нейросетевого прогнозирования над статистическими методами: точность прогноза, скорость его формирования, эффективность в работе с искаженной информацией. Однако имеются и недостатки: использование нейронной сети подразумевает ее обучение перед непосредственным началом работы, поэтому изначально она будет давать неточные прогнозы, а само ее обучение занимает определенное количество времени. В итоге были уточнены области применения сравниваемых методов: прогнозирование на основе нейронных сетей благодаря преимуществу в точности и скорости формирования прогноза эффективно применяется в реальных сетях, в то время как статистические методы удобно использовать для прогнозирования характеристик небольших сетей или математических моделей.

Усилитель X-диапазона на основе ЛБВ

Пышненко А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Добычина Е.М.
МАИ, каф 406
Pyshnenko94@yandex.ru

В радиолокации наибольшее распространение получили частотные диапазоны X, K, Ku, Ka. Все К-диапазоны позволяют добиться лучших показателей по разрешающей способности и позволяют делать более компактные антенны. Однако при этом усложняется конструкция усилителя мощности, что вызвано вынужденным переходом к элементной базе на основе клистрона.

Использование частотного X-диапазона позволяет значительно увеличить дальность обнаружения цели, уменьшить влияние осадков и прочих шумов, что довольно актуально в реалиях современных боевых действий. Лампа бегущей волны (ЛБВ) в усилителе позволяет ему работать без значительных потерь в более широком диапазоне длин волн, так как она значительно превосходит усилительные клистроны по широкополосности, а, следовательно, использовать более сложные радиолокационные сигналы для повышения разрешающей способности без ухудшения остальных параметров.

Разрабатываемый в представленной работе усилитель мощности рассчитан на применение в вертолетной бортовой радиолокационной системе (БРЛС), в том числе с возможностью палубного базирования. Он состоит из модулятора, вторичного источника питания и лампы бегущей волны. Используемая двухрежимная ЛБВ типа «О» «Кулон-К»

позволяет получить импульсную мощность на выходе более 4000 Вт, при достаточно высоком коэффициенте полезного действия.

Наличие подобного усилителя мощности в вертолетной БРЛС позволит вести обзор на дальности до 250 км, а используемый диапазон частот дает возможность производить контроль наземной и водной поверхностей, картографирование местности, поиск и обнаружение надводных, наземных и воздушных целей, в том числе и малогабаритных, находить и предупреждать об опасных метеообразованиях.

Бортовой радиолокатор на основе такого усилителя мощности обеспечивает ряд преимуществ для вертолета и имеет потенциал для развития, а широкополосность и высокая мощность позволяют решать широкий спектр задач.

Программное обеспечение обработки результатов лётных испытаний

Ракитский М.Ю.
Научный руководитель – к.т.н. Матвеев А.М.
МАИ, каф. 404
maxim.rakitskiy@gmail.com

В настоящее время радиолокационному комплексу отводится одна из ведущих ролей в составе радиоэлектронного оборудования, устанавливаемого на различные типы летательных аппаратов (ЛА). При этом требуется обеспечить конкурентоспособные тактико-технические характеристики (ТТХ) радиолокационных станций (РЛС), постоянно совершенствуя аппаратные и программные возможности изделий. В процессе разработки РЛС необходимо проведение большого объёма исследовательских, а затем и контрольных испытаний, включая этап натурных лётных экспериментов и оценку параметров на соответствие техническому заданию (ТЗ). В этой связи, важное значение приобретает вопрос автоматизированной обработки результатов лётных испытаний, с целью повышения точности оценок и снижения трудоёмкости процесса.

Научный центр специальных радиоэлектронных систем и менеджмента МАИ (НЦ СРМ МАИ) с 2008 года занимается разработкой многофункциональных малогабаритных радиолокационных целевых нагрузок (ММРЛЦН) для широкого парка ЛА: самолётов, вертолётов, беспилотных ЛА. Имея достаточный опыт в проектировании данного типа изделий, специалисты НЦ СРМ МАИ развивают технологическое программное обеспечение (ТПО) обработки результатов лётных испытаний (ОРЛИ). Данное ТПО адаптировано под ряд уже разработанных и разрабатываемых РЛС различных диапазонов волн, с алгоритмически унифицированными режимами работы и устоявшимся протоколом информационно-технического взаимодействия (ИТВ), регламентирующим управление режимом и приём целевой радиолокационной информации.

Разработанное ТПО ОРЛИ предназначено для оценки обеспечения требований ТЗ МРЛЦН в части соответствия заданным значениям ТТХ изделия, с формированием файла протокола испытаний.

Среди выполняемых функций ТПО ОРЛИ, в качестве основных, можно выделить:

- Загрузка и обработка целевой информации из файлов формата *.dat согласно протоколу ИТВ.
- Загрузка и обработка изображений из файлов, содержащих картографическую информацию об участках поверхности или профилей метеообразований.
- Загрузка и обработка телеметрической информации по результатам сбора системой объективного контроля (СОК) из файлов формата *.dat.
- Загрузка навигационной и геодезической информации.
- Визуализация загруженной информации.
- Совмещение вывода на экран кадров радиолокационного изображения (РЛИ) с параметрами СОК и навигации в единой шкале времени в двухоконном интерфейсе.
- Временная привязка фрагментов данных СОК к отобранным в зачет кадрам РЛИ и сохранение в файловой базе данных.
- Обработка радиолокационной информации по типовым методикам оценки ТТХ.

- Генерация файла протокола обработки результатов испытаний.
- Вывод на печать графической, символьной и растровой информации.

Многооконный интерфейс позволяет одновременно оценивать несколько исследуемых параметров, что важно на первичном этапе отбора зачетной информации.

Важнейшим этапом работы ТПО ОРЛИ является постобработка, где по отобранным на этапе первичного анализа РЛИ происходит оценка разрешающей способности, потенциала, различных параметров качества РЛИ; параметров, связанных с испытанием РЛС в одном из режимов работы и пр.

ТПО ОРЛИ является современным кроссплатформенным решением и имеет открытую иерархическую структуру, позволяя добавлять новые программные модули.

Применение облачных технологий для хранения алгоритмов расчёта и корректировки параметров БПЛА

Садовская Е.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Куприянов А.И.
МАИ, каф 402
Elena_93@list.ru

В настоящее время происходит активное использование достижений радиоэлектроники в управлении беспилотными летательными аппаратами. В связи с этим возникают новые задачи и потребности, которые требуют повышения требований к каналам информационного обмена между беспилотными летательными аппаратами и пунктами управления.

Развитие систем беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), совершенствование радиотехнических комплексов управления заставляет регулярно повышать требования к каналам информационного обмена между БПЛА и наземными комплексами управления.

Актуальной задачей является передача летных параметров БПЛА на наземный комплекс управления. В связи с этим возникает проблема передачи большого объёма данных, что при заданных требованиях по полосе пропускания, вероятности битовой ошибки и др. приводит к уменьшению скорости передачи данных, что в свою очередь влияет на их актуальность.

Одним из способов решить задачу обеспечения требований по пропускной способности каналов информационного обмена при передаче данных является расширение полосы частот приемопередающего оборудования и применение спектрально-эффективных методов модуляции, однако это повышает требования по отношению сигнал/шум (ОСШ) на входе приемника, снижению дальности действия радиосистемы, повышению вероятности битовой ошибки.

Не менее актуальна проблема управления БПЛА на дальних расстояниях, так как максимальное расстояние для прямой радиосвязи между БПЛА гражданского назначения и пунктом управления в настоящее время не превышает 100 км. На больших расстояниях, возможно применение спутниковой связи для информационных взаимодействий, однако данный метод является дорогостоящим и не всегда экономически оправданным.

Справиться с описанными выше проблемами можно, применяя современные беспроводные сетевые технологии и облачные вычисления. Облачные вычисления это концепция, подразумевающая обеспечение повсеместного и удобного сетевого доступа по требованию к общему пулу, конфигурируемых вычислительных ресурсов. В облачных технологиях инфраструктура организована так, что доступ к ресурсам осуществляется для пользователей облаков удалено. По типу доступа можно выделить следующие облака: общедоступные, частные, гибридные и облака для сообществ. Облачные технологии обеспечивают оперативный доступ к конфигурируемым вычислительным ресурсам.

Основа предложенного метода лежит в хранении алгоритмов для расчёта и корректировки параметров БПЛА для обеспечения достижения им заданной цели в облаке. Для этого достаточно обеспечить БПЛА возможностью подключения к интернету и задать, с какой частотой необходимо подключаться к облаку и корректировать параметры полета.

Функция взаимной неопределённости для анализа дискретно-кодированных сигналов

Сапронов Д.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Каменский И.В.
МАИ, каф. 401
danil.sapronov@yandex.ru

С момента появления техники согласованной фильтрации, одним из главных математических инструментов для исследования характеристик радиолокационных сигналов на выходе согласованного фильтра является функция неопределённости. В классическом виде, предложенном Вудвордом в его монографии 1953 года, функция неопределённости представляет свёртку сигнала со своей комплексно сопряжённой копией, сдвинутой по времени и частоте. Такая функция позволяет оценить совместную разрешающую способность узкополосного сигнала по дальности и скорости, а также уровень боковых лепестков, который напрямую влияет на вероятность неточного определения дальности до цели и её скорости.

Однако, в тех случаях, когда требуется анализ влияния искажений принятого сигнала относительно опорного, функция неопределённости становится непригодной для моделирования, так как не позволяет сворачивать два различных сигнала. В таких случаях удобно работать с функцией взаимной неопределённости, представляющей собой взаимно-корреляционный интеграл между опорным генерируемым сигналом, сдвинутым по времени и частоте, и его принятой зашумлённой копией. Данная функция теряет некоторые свойства, присущие функции неопределённости, такие как симметрия относительно начала координат и единичный уровень нормированного значения центрального максимума. Кроме того, наличие несобственного интеграла в формуле функции взаимной неопределённости не позволяет получить универсальное аналитическое выражение, позволяющее производить точное моделирование для любого рода сигналов.

В докладе представлено аналитическое выражение функции взаимной неопределённости в линейной форме для дискретно-кодированных сигналов (ДКС), и приведён пример её использования для исследования влияния флуктуаций начальных фаз дискретов (элементарных радиоимпульсов составляющих ДКС) на характеристики сигнала на выходе согласованного фильтра приёмника.

Следует отметить, что предложенное уравнение функции взаимной неопределенности подходит для анализа только узкополосных дискретнокодированных сигналов, для которых отношение ширины полосы сигнала к несущей частоте не превышает 0,1. Это связано с тем фактом, что допплеровский эффект учитывается в ней лишь в виде частотного сдвига несущей частоты, в то время, когда в общем случае для широкополосных сигналов он представляет собой масштабирование сигнала по времени. Изучение функции взаимной неопределенности для широкополосных ДКС является направлением дальнейших исследований

Исследование влияния нелинейностей в приводе антенны на качество работы радиолокационной системы

Сафаров М.У., Назаров Д.М.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Кизимов А.Т.
РГАТУ им. П.А. Соловьёва, каф. РТС
tths_1394@mail.ru

Для захвата и автоматического сопровождения цели широко используются радиолокационные станции (РЛС). Автоматическая система выводит антенну РЛС на линию визирования цели и сопровождает цель с минимальными погрешностями по азимуту и углу места, при этом углы положения цели измеряются датчиками углового положения антенны.

Пеленгация цели выполняется моноимпульсным угловым дискриминатором, обрабатывающим радиолокационную информацию, поступающую от четырёх антенн, две из которых предназначены для пеленгации цели по азимуту, другие две – по углу места. В предлагаемых рассмотрению исследованиях в каналах используются моноимпульсные фазовые суммарно-разностные дискриминаторы, вырабатывающие напряжения, уровни и знаки которых определяются углами рассогласования линии визирования цели и оси антенны в двух плоскостях. Корректирующее устройство формирует выбранный закон регулирования в каждом канале автоматической следящей системы. Привод содержит усилитель мощности двигатель, редуктор и датчик угла, образующие дополнительный контур регулирования. Автоматическая система обеспечивает непрерывное слежение за целью. Информация о положении цели считывается с антенны и передается на пункт наблюдения и другим потребителям.

С целью повышения точности системы слежения за целью РЛС выполняется с малыми углами захвата цели и с большими коэффициентами передачи звеньев. В этой связи возникает необходимость в ограничении уровня сигналов. Ограничиваются выходные сигналы пеленгационного устройства и усилителя. Введение нелинейных звеньев в замкнутые контура системы, может существенно ухудшить качество регулирования. Кроме того, при изготовлении привода антенны может возникнуть люфт в передаче угла поворота антенны. Исследование влияния нелинейностей на качество работы радиолокационной следящей системы является актуальной задачей.

Качество работы системы будем оценивать по переходным характеристикам, полученным при моделировании процессов захвата и сопровождении цели. Моделирование показывает, что более жесткое ограничение выходных сигналов звенев системы увеличивает время захвата цели, но уменьшает перерегулирование. При отсутствии других нелинейностей в канале регулятора переходный процесс завершается плавным слежением антенны за целью. При наличии люфта в приводе время захвата цели практически не изменяется, однако в установившемся режиме возникают колебания антенны (зуд). Явление “зуда” крайне нежелательно в радиолокационных следящих системах, так как этот процесс снижает точность слежения за целью и увеличивает динамические напряжения в приводе антенны.

Исследования на моделях показывают, что частота колебаний уменьшается с увеличением люфта, амплитуда же колебаний увеличивается. Ликвидировать автоколебания усложнением закона регулирования не представляется возможным. Следовательно, при разработке конструкции и изготовлении привода необходимо полностью исключить люфт.

Колебания антенны могут генерировать и ограничители. В этой связи следует оценить область возникновения автоколебаний методами гармонической линеаризации и подтвердить их отсутствие в разрабатываемой системе с использованием модельных исследований.

Обеспечение качества инфокоммуникационных устройств за счет применения автоматизированных, многоканальных, фазокогерентных измерительных комплексов

Смирнов А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Петраков А.М.
МАИ, каф. 408
smirnov.alexey.84@gmail.com

В настоящее время организации, занимающиеся разработкой и производством высокоскоростных систем связи, для повышения скоростей и эффективности передачи информации все чаще применяют технологии многоканального приема и передачи, многоканальные активные фазированные антенные решетки (АФАР) и другие технологии, позволяющие более эффективно использовать радиоспектр. Для получения качественных изделий необходимо обеспечить высокий уровень синхронизации и когерентности радиосигналов в оборудовании систем связи и на приемо-передающих модулях антенных

систем. В процессе создания подобных изделий появляется задача их настройки, калибровки и отладки. Похожие задачи стоят перед и разработчиками антенных систем, работающих над созданием активных фазированных решеток.

С целью решения указанных выше задач предлагается использование автоматизированных средств (далее комплексов) отладки и тестирования. Преимущества комплекса заключаются в возможности его конфигурирования и настройки для использования в различных сценариях, таких как:

- настройка приемо-передающих модулей для АФАР;
- прототипирование систем беспроводной связи, работающих в режимах MIMO 8x8, MIMO 16x16, MIMO 32x32;
- имитация радиолокационной обстановки.

Комплекс построен на основе нескольких трансиверов, для синхронизации которых выбран не классический метод тактирования помощью опорного сигнала частотой 10 МГц, а современный метод синхронизации по сигналу общего гетеродина. Подобная методика позволяет получить минимальные отклонения по фазе тестовых сигналов в пределах 0,1 градуса во всем частотном диапазоне работы комплекса.

При создании данного комплекса используется среда разработки LabView, позволяющая программировать систему таким образом, чтобы максимально эффективно решать конкретную задачу при разработке или производстве систем связи или АФАР.

Также важной особенностью комплекса является наличие ПЛИС в системе обработки квадратурных сигналов, которая позволяет проводить обработку больших потоков данных в режиме реального времени.

Таким образом, предлагаемое использование автоматизированных многоканальных фазокогерентных измерительных комплексов, существенно ускорит процесс разработки и отладки АФАР, либо систем беспроводной передачи данных. Автоматизация измерительного процесса позволит получить значительный объём результатов измерений, который позволит улучшить качество изделий и получить инструмент управления качеством продукции.

Особенности передачи данных в интегрированной системе когнитивного радио с применением радиоинтерфейса LTE

Снопок К.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Громаков Ю.А.
МАИ, каф. 408
ksnopok@mail.ru

Развитие современных систем сотовой связи способствовало появлению тенденции роста услуг высокоскоростной передачи данных, перспективы развития которых однозначно связаны с расширением рабочей полосы радиочастот. Значительной проблемой является дефицит радиочастотного спектра для систем сотовой связи, обусловленный рядом причин. Системы сотовой связи не могут работать в любом частотном диапазоне из-за принципиально неустранимых физических ограничений, которые значительно уменьшают возможности сотовой связи в целом. К существенным ограничениям относятся: снижение дальности связи с увеличением рабочей частоты, негативное влияние многолучевого распространения радиоволн. Кроме того, большая часть указанного диапазона частот уже распределена как для систем сотовой связи, так и для ряда других служб. При этом многие существующие службы в этом диапазоне частот не используют выделенные им полосы достаточно эффективно. С учетом этого актуальной темой становится поиск способов повышения эффективности использования радиочастотного спектра, включая определение возможностей совместного использования радиочастотного спектра несколькими службами.

В настоящее время в мире активно разрабатываются системы когнитивного радио и рассматриваются возможности использования принципов их функционирования при построении современных систем сотовой связи.

В настоящем докладе рассматривается технология повышения скорости передачи данных в интегрированной системе сотовой связи GSM/LTE с применением принципов построения систем когнитивного радио, а также анализируются возможности физического уровня радиоинтерфейса системы сотовой связи LTE, основанного на применении технологии OFDM, для передачи данных в системе когнитивного радио. Рассматривается техническое решение, позволяющее исключать необходимое количество ресурсных блоков шириной 180 кГц из структуры сигнала LTE на позициях, совпадающих по частоте с занятыми радиоканалами действующих на данной территории систем GSM. Анализ особенностей физического уровня проводится радиоканала LTE с шириной полосы 10 МГц на линии «вниз», обсуждаются особенности применения указанного технического решения с целью исключения/уменьшения негативного влияния на широковещательный канал PBCH, каналы синхронизации P-SCH и S-SCH, тестовые сигналы RS и другие сигнальные каналы управления, включая каналы PDCCH, PCFICH, PHICH. Отдельно рассматриваются особенности построения радиоканала LTE на линии «вверх», использующего SC-FDMA. Проводится анализ возможного влияния на тестовые сигналы DM-RS и SRS, а также на физические каналы PUSCH, PUCCH и PRACH.

В заключении обсуждаются особенности топологического совмещения действующей системы сотовой связи GSM и системы когнитивного радио, использующей для передачи данных физический уровень системы LTE. Проводится оценка доступного радиочастотного спектра для различных сценариев частотно-территориального планирования действующих систем сотовой связи GSM/LTE, рассчитывается максимальная скорость передачи данных с применением принципов построения систем когнитивного радио, а также рассматриваются вопросы электромагнитной совместимости систем GSM/LTE в общей полосе частот.

Погрешность определения местоположения дальномерным способом в сетях подвижной связи

Сорокин А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Богданов А.С.
МАИ, каф. 408
a@artyums.ru

Проанализирован дальномерный способ определения местоположения в сетях подвижной радиосвязи и погрешности, возникающие при определении местоположения данным способом. Дальномерный способ навигации сводится к измерению задержек распространения сигнала как минимум от трех базовых станций (БС) с известными координатами до навигационного приемника (НП). От рассчитанных задержек переходят к расстояниям между каждой БС и НП и вычисляют координаты НП. Очевидно, что чем точнее определены задержки, тем точнее НП способен определить свое местоположение.

В результате воздействия некоторых факторов, например, ухода часов какой-либо БС или НП или ограниченности вычислительной точности НП, измеренное значение задержки распространения сигнала может значительно отличаться от того, которое могло быть получено в идеальных условиях. Указанная группа факторов либо вносит незначительную погрешность, либо её влияние возможно компенсировать. Анализу также подвергались и другие факторы - неточность синхронизации временных шкал и воздействие замираний на трассе распространения сигнала. Данные факторы вносят существенный вклад в погрешность определения местоположения и способны, в том числе, привести к полной невозможности определения местоположения.

В условиях наличия погрешностей, результатом определения местоположения является некоторая зона, в любой точке внутри и на стороне которой может быть на самом деле расположен НП. Зона представляет собой криволинейный треугольник с известными координатами точек и уравнениями сторон, его образующих. При этом, чем больше отличаются нули шкал времени друг от друга, тем большей становится площадь данной зоны. Перед осуществлением расчета координат зоны, следует выполнить проверку на наличие отрицательного сдвига шкал времени. В таком случае, если часы в системе

опережают реальное время, то в ряде случаев истинное положение НП не попадает в рассчитанную зону и к таким случаям требуется особое внимание.

В процессе выполнения работы было предложено в качестве оценки наиболее вероятного местоположения НП в зоне использовать точку центра тяжести полученного криволинейного треугольника.

Погрешность, возникающую при определении местоположения, возможно численно оценить по следующим величинам: по площади образованной зоны и по наибольшему разбросу по осям координат зоны, а при моделировании, когда истинное местоположение НП известно, погрешность можно оценить расстоянием от истинного положения НП до наиболее удаленной точки зоны и до наиболее вероятного местоположения НП в зоне.

В работе создана имитационная модель в среде математического моделирования MATLAB, позволяющая исследовать погрешности определения местоположения дальномерным способом радионавигации. В качестве развития модели, рассматривается переход к трехмерной системе координат, привязка ее к географическим координатам с учетом сферичности поверхности Земли, а также учет влияния других погрешностей и поиск способов их компенсации. Наглядность работы имитационной модели позволяет использовать разработку в учебном процессе, например, в качестве основы для лабораторных работ.

Опыт применения сети Wi-Fi для обмена данными с БЛА

Талаев А.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Бородин В.В.
МАИ, каф. 408
talaev.ad@yandex.ru

Эффективность использования БЛА может быть существенно повышена за счет организации обмена данными, например, видеоинформацией, телеметрией между бортом и наземным пунктом управления, командами управления.

К радиоканалу предъявляются специфические требования, в частности: применение аппарата происходит в локальной зоне радиусом около 300 метров в условиях прямой видимости на высотах до 20 метров. Обмен цифровой информацией двухсторонний. Оператор, по полученному видео с носимого планшета задает направление на цель полета, и далее БЛА действует автономно по заданным алгоритмам.

В конечном варианте для организации системы связи, использовалась топология звезда, где точкой доступа к сети Wi-Fi выступала наземная часть.

Выбор оборудования был ограничен напряжениями питания и подводимыми мощностями. Стоимость решения также играла в выборе большую роль. Были применены адаптеры Wi-Fi на базе чипов Realtek 8188 и Atheros AR9271, фирмы ALFA. Эксперименты показали, что данные модули имеют потенциальную мощность сигнала до 30 dBm и открытую прошивку для конфигурации оборудования. Данные модули подключались к портам USB 2.0 бортового компьютера на базе Odroid XU4 и планшету.

Большое влияние на силу сигнала и дальность полета оказывает выбор антенны. В данной работе план полета БЛА подразумевал движение от оператора к цели. Цель могла находится в любой стороне от оператора, поэтому были использованы антенны типа штырь. Диаграммы направленности таких антенн удовлетворяли траектории полета БЛА. При применении антенны с узкой ДН на стороне оператора для увеличения дальности, необходимо предусматривать алгоритмы поведения БЛА при выходе за пределы ДН.

На качество и скорость приема информационных пакетов влияет окружающая помеховая обстановка. При этом сокращается дальность уверенного приема и увеличиваются задержки. Дальность при наземном эксперименте в условиях прямой видимости и сложной помеховой обстановкой составила 270 метров. Эксперимент проводился в условиях города, но обеспечивалась прямая видимость, высота БЛА была зафиксирована на уровне 18 метров.

Видеопоток, передаваемый с борта БЛА имел разрешение 640x480, частота кадров 15 fps, сжатие кадра – JPEG. Для оптимизации работы бортового оборудования скорость видеопотока была ограничена. В ходе экспериментов в относительно спокойной помеховой обстановке задержки в передачи видео составляли около 600-800 мс. Для нивелирования помеховой обстановки устанавливалась увеличенная полоса с автоматическим выбором наиболее свободного канала.

В процессе проведения практических полетов, была отмечена большая важность качества соединения внутренних компонентов и наличия достаточного питания на портах бортового компьютера для работы приемопередатчика. Размещение и соединения ВЧ части адаптера необходимо осуществлять с минимальным использованием соединительных разъемов и кабелей. Обязательно учитывается ЭМС с другими бортовыми системами на частотах работы Wi-Fi.

Полетные эксперименты в условиях полигона показали, что в радиусе 300 метров и высотах до 20 метров при правильной ориентации антенны, видеопоток стабилен и пригоден для визуального наведения на цель.

Сравнение реализации Интернета Вещей на основе систем сотовой связи и LPWAN

Тихонов Е.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Громаков Ю.А.
МАИ, каф. 408
maggot_jt@mail.ru

Основной предпосылкой для создания Интернета Вещей (англ. Internet of Things, IoT) исследователи называют смену технологических формаций от «человек управляет процессами» к «машины управляют процессами». В соответствии с рекомендацией МСЭ-Т Y.2060, IoT рассматривается как глобальная инфраструктура для информационного общества, которая обеспечивает возможность предоставления более сложных услуг путем соединения друг с другом (физических и виртуальных) "вещей" на основе существующих и развивающихся функционально совместимых информационно-коммуникационных технологий.

Для внедрения IoT используются две технические модели обеспечения связи: IoT может быть реализован как на основе существующих систем сотовой связи, так и в виде отдельной сети, построенной по принципу малопотребляющих сетей широкого охвата (англ. Low-Power Wide-Area Network, LPWAN). Обе эти реализации имеют свои преимущества и недостатки.

В качестве IoT на основе систем сотовой связи в июне 2016 3GPP рекомендовал к реализации стандарт NB-IoT (Narrow Band-IoT), ориентированый на использование в системах сотовой связи стандарта LTE. К особенностям устройств IoT в системах сотовой связи можно отнести возможность работы в 3 режимах: внутри полосы частот, выделенной оператору (In-Band); в защитном интервале между двумя полосами частот, выделенными одному или разным операторам (Guard-Band); за пределами полос частот, выделенных операторам (Standalone). Срок службы устройств данного стандарта составляет до 10 лет от аккумулятора стандарта AA, а максимальное число подключенных устройств – до 50 000 шт. на соту. Но существует несколько проблем, с которыми сталкиваются операторы систем сотовой связи, реализующие IoT: необходимость модификации ПО базовых станций; сложности, возникающие из-за использования лицензируемого спектра; небольшая дальность связи стандарта LTE, а, следовательно, необходимость установки большого числа базовых станций; ограничение на максимальное количество подключенных устройств, вызванное конечным числом номеров, закрепленных за оператором; высокая стоимость чипсетов, а, следовательно, и оборудования.

Реализация IoT на основе LPWAN строится по топологии «звезда в звезде», т.е. устройства подключаются к шлюзу, а один или несколько шлюзов подключаются к серверу, который имеет выход в Интернет. Хэндовер устройств от одного шлюза к другому отсутствует, однако одно устройство может быть подключено сразу к нескольким

шлюзам. В настоящее время наиболее известными системами среди IoT на основе сетей LPWAN являются LoRa (международный проект), Sigfox (Франция), и Стриж (Россия). Также IoT на основе LPWAN имеет ряд преимуществ по сравнению с IoT на основе систем сотовой связи: во-первых, LPWAN работают в нелицензируемых диапазонах частот; во-вторых, стоимость оборудования для данных систем существенно ниже; в-третьих, максимальное число подключенных устройств может достигать 20-30 тыс. устройств на шлюз при активности работы 1 срабатывание в минуту, а дальности связи – до 10-15 км в условиях городской застройки и до 50 км – в сельской местности, при этом мощность передатчиков устройств составляет 20 мВт, а шлюза – 200 МВт; в-четвертых, устройства имеют более низкое энергопотребление; в-пятых, данные системы менее требовательны к пропускной способности сети; и, в-шестых, позволяют строить системы, полностью автономные от систем сотовой связи. К недостаткам LPWAN можно отнести закрытость протоколов (за исключением LoRa) и отсутствие единых стандартов.

Модель инфракрасного локатора для мониторинга состояния летного поля

Устименко М.И.
Научный руководитель – доцент к.т.н. Рубцов Е.А.
СПбГУГА, каф. 12
sawyer.0047@mail.ru

Безопасность полетов это неотъемлемая стратегически важная часть деятельности организации воздушного движения. При управлении движением воздушных судов возникает задача обеспечить безопасность не только полетов, но и движения наземных объектов в районе аэродрома. Для решения этих задач внедряются специальные радиолокационные станции, собирающие информацию об обстановке на летном поле и на малых высотах.

Радиолокационная станция обзора летного поля представляет собой специальную систему для обзора и получения изображений земной поверхности летного поля и находящейся на ней объектов. Станция выдает информацию о координатах объектов и об их расположении относительно друг друга. Достоверность этой информации зависит от уровня технических характеристик станции, таких как точность и разрешающая способность. Улучшение характеристик существенно повысит безопасность полетов.

С ростом интенсивности воздушного движения и технологического прогресса, ужесточаются и требования, предъявляемые к оборудованию наблюдения. Существующие радиолокационные станции работают в миллиметровом диапазоне с использованием модулированных импульсов и широкой полосой частот. Зондирование подстилающей поверхности в миллиметровом диапазоне содержит проблемы в энергетических характеристиках поля рассеяния, что приводит к ограничениям по точности и разрешающей способности. Возникают проблемы и в сужение луча диаграммы направленности. Для выполнения этого требования необходимо увеличивать габариты антенны, что приведет к понижению темпа обновления информации.

Внедрение новых систем обзора летного поля запрашивает специального анализа, достоверных технических и экономических расчетов, а так же особую эксплуатационную подготовку, чтобы превзойти требуемые характеристики и заменить или дополнить современные системы.

Применение электромагнитного инфракрасного излучения к системам наблюдения, будет эффективно решать проблемы с отражением. Как и любая световая волна, инфракрасное излучение отражается практически от всех предметов. Инфракрасному локатору присуща большая способность обнаружения, чем радиолокатору миллиметрового диапазона. Использование узконаправленного луча, которым проводится просмотр пространства, позволит с высокой точностью определить направление на объект. Размеры оптического инфракрасного локатора могут быть значительно меньше, чем у существующих миллиметровых радиолокаторов.

Спроектированная простейшая программная модель инфракрасного радара, поможет получить наглядные результаты оценки параметров точности и разрешающей

способности. Перед проектированием проводился сравнительный анализ тактико-технических характеристик радиолокаторов миллиметрового и инфракрасного диапазона.

Модель показывает, как три объекта с различными эффективными площадями рассеивания реагируют на сигналы обеих локаторов.

Таким образом, был проведен анализ потребности увеличения точности и разрешающей способности радиолокаторов обзора летного поля, путем выявления технического несовершенства существующих радиолокационных систем. На основании характеристик, присущих инфракрасному локатору, была спроектирована программная модель, которая поясняет способность системы разрешать обнаруживаемые объекты с высокой точностью.

Широкополосные микрополосковые антенны телекоммуникационных систем

Фам Ван Винь, Кондратьева С.Г., Шмачилин П.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Овчинникова Е.В.
МАИ каф. 406
oea8888@gmail.com

Непрерывное повышение требований к информационной емкости каналов спутниковой связи приводит к необходимости создания антенн с рабочей полосой частот, перекрывающей Ku – диапазон. Кроме широкополосной работы антенна должна обеспечивать приемлемые энергетические характеристики в зоне обслуживания пользователей, а, следовательно, иметь в этом секторе достаточно широкую диаграмму направленности. Наряду с энергетическими и частотными характеристиками, немаловажными являются массогабаритные параметры. Поэтому значительная часть антенн для систем спутниковой связи и телевидения изготавливаются в печатном исполнении.

Известны различные конструкции микрополосковых антенн, обладающих расширенным рабочим диапазоном, достигаемым путем применения многослойных технологий изготовления.

Расширение полосы рабочих частот, в настоящее время достигается в первую очередь по согласованию излучателей с фидерным трактом. При этом усложняются конструкции элементов фидерного тракта и излучающей системы.

Аналогичными недостатками обладают и сверхширокополосные микрополосковые антенны, а при размещении таких антенн над проводящим экраном их рабочая полоса резко сужается.

В докладе рассматривается конструкция антенны спутниковой связи, позволяющая устранить влияние экрана на характеристики направленности и частотные характеристики широкополосной микрополосковой антенны. В качестве такой антенны рассматривается антенна на основе взаимодополняющих структур типа «бабочка». Благодаря хорошим массогабаритным характеристикам рассматриваемая антенна может использоваться в мобильных системах связи.

В современных мобильных радиоэлектронных комплексах применяются антенны с механическим или электро-механическим сканированием. Перспективным направлением является разработка антенных систем с электрическим сканированием. Сектор сканирования в угломестной плоскости зависит от направленных свойств элемента. Однако рассматриваемая антенна типа «бабочка» при размещении ее над экраном не обеспечивает возможность работы в Ku-диапазоне, так как имеет более узкую рабочую полосу по согласованию, а также её сложно использовать в качестве элемента антенной решетки спутниковой связи и телевидения, т.к. диаграмма направленности элемента не перекрывает зону обслуживания пользователей. Поэтому целесообразно оптимизировать конструкцию элемента таким образом, чтобы получить требуемую форму диаграммы в угломестной плоскости. Для расширения диаграммы направленности в одной или двух плоскостях, а также устранения влияния экрана, можно использовать периодические структуры. При этом параметры структуры, ее период и высота определяются диапазоном рабочих частот, но, как показывает расчет, они слабо влияют на частотные

характеристики антенны. В большей степени проявляется влияние периодической структуры на характеристики направленности. Размещение микрополосковой антенны над периодической структурой приводит к расширению её диаграммы направленности.

В докладе приведены конструкции, описания и результаты исследования характеристик направленности широкополосных микрополосковых антенн различных типов.

Метод повышения энергетической эффективности многочастотной системы связи с беспилотными летательными аппаратами

Федоров Д.А.
Научный руководитель – к.т.н., с.н.с. Султанов А.С.
АО «МНИРТИ»
sniper53@gmail.com

Одной из наиболее значимых систем БПЛА является система связи и управления, к которой предъявляются высокие требования по всем показателям. В силу ограниченного электропитания на борту БПЛА одним из ключевых является требование к энергетической эффективности передатчика. В связи с ростом пропускной способности разработчики вынуждены применять многочастотные способы передачи информации, для снижения влияния многолучевого распространения сигнала. В настоящее время преимущественно используются методы, основанные на технологии OFDM. Однако результирующие полигармонические сигналы обладают высоким отношением пиковой амплитуды к среднеквадратичной (крест-фактор). Вследствие этого усилители мощности (УМ) выбираются с большим запасом по амплитуде, что приводит к низкому КПД и к снижению энергетической эффективности системы в целом.

В работе предложен метод раздельного усиления многочастотного сигнала, для малого количества поднесущих частот (до 10). Проведен сравнительный анализ энергетической эффективности предложенного метода с методами усиления многочастотных сигналов, в которых используется один широкополосный УМ.

Экономичность радиопередатчика определяется КПД УМ, т.е. отношением мощности, передаваемой в нагрузку, к мощности, потребляемой от источника питания. В работе проходная характеристика УМ представляется идеальной. Оптимальным с точки зрения энергетической эффективности являются усилители класса В. При рассмотрении прохождения полигармонического сигнала через УМ полагалось, что все высокочастотные компоненты передаются с углом отсечки 90 град. В таком случае КПД УМ зависит только от коэффициента использования по напряжению. Следовательно, КПД УМ при усилении сложных сигналов зависит только от крест-фактора этих сигналов. Анализ зависимости КПД усилителя класса В от величины крест-фактора показал, что при крест-факторе более чем 8,4 дБ КПД опускается ниже 30%.

В качестве примера был выбран 7-и частотный сигнал с модуляцией BPSK (без формирующего фильтра) и амплитудами точек созвездия (1; -1). Крест-фактор такого сигнала составил 8,4 дБ. КПД УМ составил 30%. Однако в случае применения предложенного в работе метода КПД усилителей составил 78%, что является максимально достижимым значением для усилителей класса В. Таким образом выигрыш в энергетической эффективности равен 8 дБ.

Сравнительный анализ энергетической эффективности предложенного метода с методами усиления многочастотных сигналов, в которых используется один УМ показал, что с увеличением числа используемых каналов энергетический выигрыш увеличивается, более того, он численно равен крест-фактору сигналов. Так при использовании 10 каналов выигрыш составил 10 дБ.

В работе предложен метод повышения энергетической эффективности многочастотной системы связи с БПЛА для небольшого количества поднесущих частот (до 10). Обоснована и представлена зависимость КПД усилителей класса В от величины крест-фактора. Сравнительный анализ энергетической эффективности систем, использующих один или несколько усилителей показал, что энергетический выигрыш при

использовании предложенного метода увеличивается с увеличением числа поднесущих частот, а также численно равен величине крест-фактора сигнала.

Направлением дальнейших исследований является практическая реализация макета системы связи с БПЛА с применением предложенного метода усиления и экспериментальное исследование характеристик энергетической эффективности.

Моделирование излучателя двухполяризационной активной фазированной антенной решетки

Харалгин С.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Пономарёв Л.И.
МАИ, каф. 406
hsvl92@mail.ru

При проектировании двухполяризационных активных фазированных антенных решёток (АФАР) основным требованием является обеспечение развязки между ортогональными поляризациями в отдельном элементарном антенном излучателе. Из научной литературы известны некоторые реализации излучателей, способных работать одновременно с горизонтальной и вертикальной поляризациями, однако в результате взаимного влияния поляризационная развязка для лучших вариантов таких антенн составляет не более, чем минус 25 дБ.

Для осуществления развязки более, чем минус 30 дБ, предлагается излучатель, представляющий собой стандартный прямоугольный волновод переходящий в E - секториальный рупор. Возбуждение волн с различной поляризацией обеспечивается зондами, являющимися продолжением центральных жил коаксиальных линий передачи. Первый зонд располагается в широкой стенке прямоугольного волновода на расстоянии, приблизительно равном четверти длины волны от короткозамыкающей плоскости, при этом в волноводе возбуждается основной тип волны H_{10}. Второй зонд, возбуждающий волну H_{01}, размещается в стенке рупора перпендикулярно первому зонду.

Волна H_{01} для прямоугольного волновода находится в закритическом режиме, следовательно, затухает по экспоненте. Высшие типы волн при возбуждении волны H_{10} затухают в одномодовом прямоугольном волноводе, а так как штырь, находящийся в стенке рупора перпендикулярен силовым линиям электрического поля, то практически не возбуждается. Таким образом, варьируя длину прямоугольного волновода можно добиться более высоких показателей по развязке.

Основной задачей моделирования в системе автоматизированного проектирования являлась проверка изложенных предположений и оптимизация положений зондов с целью минимизации входных коэффициентов стоячей волны по напряжению (КСВН).

По результатам моделирования подтверждена возможность осуществления высоких требований по развязке между ортогональными поляризациями отдельного излучателя АФАР. Так поляризационная развязка составила менее, чем минус 47 дБ, при входных КСВН менее 1,4 в требуемом диапазоне частот.

Вариант экспериментальной модели оценки скрытности сигнала вновь вводимой в эксплуатацию РЭС

Хохлов Д.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Серебряков М.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 54
Evgenijkravtsov@mail.ru

Успешное противостояние РЭС связи средствам разведки (СР) в динамике радиоэлектронного конфликта обеспечивается повышением скрытности излучения во всем временном интервале конфликтного взаимодействия «РЭС - СР». Однако оценка скрытности функционирования вновь вводимой РЭС представляет собой многоплановую

задачу, требующая на практике больших стоимостных затрат. Одним из возможных вариантов ее решения предполагает разработку имитационной модели радиоэлектронного конфликта «РЭС-СР», в котором скрытность работы РЭС оценивается по двум из наиболее важных показателей – вероятности обнаружения сигнала и дистанции электромагнитной доступности (ДЭМД) РЭС СР.

Построение модели целесообразно провести на примере вновь вводимой радиолинии (РЛ), имеющую протяженность $Д_{св}$, и, в которой использованием широкополосных сигналов передается информация, образованая двумя вновь вводимыми РЭС (передающий (РПУ) центр с энергопотенциалом P_cG_c и приемный центр (РПрУ)). РЭС разведки ведет разведку излучений РПУ на дистанции $Д_р$. Контроль спектра излучений передающего центра осуществляется РЭС комплексного технического контроля (КТК) на расстоянии $Д_{ктк}$. Построение имитационной модели оценки скрытности излучения контролируемой РЭС осуществляется заменой реальных указанных РЭС, соответствующими используемыми на практике штатными техническими средствами КТК.

В состав моделирующей установки входит: персональный компьютер с программным обеспечением и имитатор широкополосных сигналов (ШПС), передающая антенна, устройство контроля излучения передающей антенны (например, спектранализатор), приемные антенны, к которым подключены устройства, выполняющие роль разведывательных приемников.

Персональный компьютер с программным обеспечением и имитатор ШПС обеспечивают формирование соответствующего вида ШПС с одновременным контролем его выходных параметров с помощью спектранализатора (параметры имитируемого сигнала полностью соответствуют параметрам сигнала вновь вводимой РЭС, причем уровень мощности имитируемого сигнала изменяется в зависимости от дальности разведки). Имитация приемников СР осуществляется штатными приемниками средств КТК, близкими по чувствительности к приемникам СР. Таким образом, одним из существенных достоинств предлагаемой имитационной экспериментальной установки для оценки ДЭМД вновь вводимой в эксплуатацию РЭС является ее простота и экономичность – достаточно использовать существующие штатные средства, с заранее подобранными характеристиками.

Метод автоматизированного решения прикладных задач физики и электродинамики на основе деревьев выражений

Шмачилин П.А., Кондратьева С.Г., Черкашин А.А.
МАИ, каф. 406
shmachilin@gmail.com

Развитие вычислительных средств, увеличение объёмов памяти и быстродействия дало возможность адаптировать и реализовать ряд численных методов решения систем интегро-дифференциальных уравнений, применяемых в описании моделей различных областей прикладной физики. В качестве примера можно привести метод FDTD и метод конечных элементов, позволяющие найти решение электродинамических, акустических и термодинамических задач с определённой мерой приближения за некоторое (достаточно большое) количество шагов. Недостатками данного класса методов является зависимость точности полученного решения от количества итераций и объёмов памяти.

Эволюция современных языков программирования и программных платформ обеспечивает достаточно высокий уровень абстракции для реализации сложных математических алгоритмов без потери быстродействия и с сохранением дружественного человеку представления кода алгоритмов. Множество современных языков программирования (Java, C#, Pithon) обеспечивает возможность описания в программном коде математических выражений на основе построения деревьев выражений. При этом, достижением современных программных средств является возможность компиляции построенного дерева выражения в микропрограмму процессора непосредственно в процессе работы основной программы. Эта возможность позволяет обеспечить

выполнение расчёта математического выражения на скорости работы основной программы.

Осуществимость, во-первых, построения дерева математического выражения в памяти программы на основе текста выражения (написанного либо на языке LaTeX, либо в подобном языковом синтаксисе), во-вторых, применение алгоритмов комбинации различных математических деревьев в одно, а также его упрощения по заданной системе правил, и в-третьих, возможность либо вычисления значения полученного выражения, либо определение его типа, формы, коэффициентов и т.п. позволяет добиться решения конкретно поставленных прикладных задач.

В качестве примера применения данного метода можно описать методику моделирования и оптимизации структуры фазированной антенной решётки (ФАР). В работе описан принцип построения модели ФАР из одиночных элементов, где каждый элемент представлен своей диаграммой направленности (ДН) и координатами размещения в пространстве. ФАР в данном случае рассматривается, как совокупность этих элементов. При этом рассматривается ДН построенной ФАР как взвешенная сумма ДН всех элементов. На этапе построения модель ФАР представляет собой файла, в котором определяются тип и координаты размещения каждого элементарного излучателя. После формирования в памяти ЭВМ структуры ФАР программа формирует дерево выражения ДН, как суммы поддеревьев выражений ДН каждого из элементарных излучателей ФАР, умноженных на комплексный коэффициент передачи элемента. По завершению формирования дерево подвергается алгоритму упрощения и компиляции в коды процессора. Построенное и скомпилированное математическое выражение позволяет существенно увеличить скорость расчёта ДН, а также интегральных характеристик, таких как КНД. Кроме того, существует возможность анализа полученного дерева выражения на экстремумы и т.п.

Применение методов искусственного интеллекта (роя частиц, генетических алгоритмов и т.п.) к сложным деревьям выражений может обеспечить решение сложных прикладных задач электродинамики и антенной техники.

Влияние параметров устройств цифровой обработки сигналов на характеристики цифровых антенных решеток

Шумилов Т.Ю.
Научный руководитель – к.т.н. Шмачилин П.А.
МАИ, каф. 406
pbjgfiybr@mail.ru

С развитием цифровой обработки сигналов появляются возможности построения цифровых антенных решёток (ЦАР), как антенных решёток в которых цифровая обработка сигналов производится непосредственно в приёмо-передающем модуле рядом с антенным элементом, что даёт как ряд преимуществ, так и ряд недостатков. Переходя к цифровой обработки сигналов (ЦОС) в приёмо-передающем модуле, антенная решётка становится полностью зависимой от характеристик устройств цифровой обработки сигналов. Ограничения в точности представления вещественных чисел в цифровых устройствах, а также дискретность времени представления аналоговых сигналов накладывают дополнительные ограничения на процесс проектирования подобных систем. Такой подход требует дополнительной оценки влияния характеристик ЦОС, на характеристики направленности фазированных антенных решёток в целом.

Процесс аналогово цифрового преобразования связан с появление дополнительных шумовых компонентов и ошибок. Процесс временной дискретизации аналогового сигнала осуществляется с конечной временной точностью. Ошибка определения момента времени взятия отсчёта в АЦП называется ошибкой джиттера. Шум, обусловленный данной ошибкой, можно назвать шумом джиттера. По своей структуре он похож на фазовые шумы фазовращателей ФАР. Вторым шумовым аспектом ЦАР можно выделить наличие ошибок процесса квантования амплитуды сигнала. Данный вид ошибок определяется числом уровней квантователя, которая напрямую зависит от разрядности кода АЦП. При

этом, чем больше разрядность кода АЦП, тем меньше величина данного вида шума, но увеличение разрядности кода приводит к существенному возрастанию объёмов информации, генерируемых полотном ЦАР. Помимо ошибок квантования реальные АЦП определяются показателем линейности передаточной характеристики квантователя, которая также оказывает влияние на результирующие характеристики системы в целом. Процесс цифрового диаграммообразования связан с выполнением последовательности целочисленных операций над значениями амплитуд входных сигналов. При этом, каждая операция в ЦОС будет выполнена с ограниченной точностью, что связано с особенностью представления вещественных чисел в цифровой системе. Кроме того, ряд быстрых алгоритмов ЦОС работает на основе целочисленной арифметики. Таким образом, на этапе каждой математической операции будут возникать ошибки округления, влияние которых необходимо учесть.

Таким образом, необходимо на стадии проектирования систем включающих ЦАР иметь возможность получить оценочные данные по влиянию выбранной элементной базы ЦОС, на базовые параметры проектируемой системы.

В данной работе рассмотрены частичные оценки влияния шумов вносимых элементной базой ЦОС на изменение коэффициента направленного действия (КНД), уровня боковых лепестков (УБЛ), а также влияние разрядности кода при округлении математических операций целочисленной арифметики. В работе приводятся графики зависимостей величин КНД и УБЛ от рассмотренных параметров ЦОС.

Анализ структуры траекторного сигнала в РЛС с синтезированием апертуры при вращении приёмной и передающей антенн

Ясенцев Д.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Татарский Б.Г.
МАИ, каф. 401
yasentsev@gmail.com

Радиолокационные системы с синтезированием апертуры антенны позволяет получать высокодетальные изображения подстилающей поверхности в любое время суток и при любой освещенности, выгодно отличает их от оптических средств наблюдения. Используя полученные изображения можно решать различные задачи – обнаруживать малоразмерные наземные и надводные стационарные и подвижные цели, измерять их координаты и параметры движения, а также обеспечить распознавание и классификацию обнаруженных целей.

Наиболее распространённый способ синтезирования апертуры – длительное когерентное накопление сигнала, отражённого от облучаемого участка подстилающей поверхности, при поступательном движении носителя РЛС по близкой к прямолинейной траектории. Один из основных недостатков подобного способа синтезирования апертуры антенны – невозможность получения высокодетального радиолокационного изображения подстилающей поверхности при наблюдении объектов, чьё угловое положение близко к направлению движения летательного аппарата. Наблюдение целей в этой зоне необходимо во многих случаях, в частности, при поиске объектов разведывательно-ударными авиационными системами.

Преодолеть подобный недостаток для носителей РЛС вертолётного типа помогает установка приёмопередающих антенн в законцовки лопасти несущего винта. При когерентной обработке принимаемого радиосигнала получается круговая апертура антенны, позволяющая наблюдать цели в любом угловом секторе. Выбор положения и ширина углового сектора для картографирования может быть произвольным, что обеспечивается выбором опорной функции цифровой системы обработки траекторного сигнала. Кроме того, подобный способ синтезирования апертуры при соответствующей обработке позволяет осуществлять селекцию наземных движущихся целей.

Использование разнесённых приемной и передающей антенн при синтезировании апертуры за счёт вращения лопастей несущего винта вертолёта позволяет уменьшить

потери высокочастотном тракте РЛС за счёт отказа от антенного переключателя, характерного для импульсных РЛС с единой приёмопередающей антенной.

В работе проводится анализ комплексной огибающей траекторного сигнала, оценивается влияние параметров несущего винта вертолёта на закон модуляции траекторного сигнала и потенциальные характеристики по разрешающей способности для случая вращения разнесённых приёмной и передающей антенн.

Направление «Управляющие измерительно-вычислительные системы и комплексы и бортовая электроэнергия»

Секция «Вычислительные системы и информационные технологии»

Разработка приложения для управления плоским роботом-манипулятором с помощью базисов Грёбнера

Абдряхимов Р.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
Qwerty-Qwerty124@yandex.ru

В настоящее время множество промышленных предприятий используют механизмы, которые заменяют человеческую деятельность. Один из таких механизмов является плоский робот-манипулятор, с помощью, которого можно выполнять некоторые действия, например, в производстве радиоактивных веществ, можно использовать робота, который выполнит перемещение и другие операции, которые человек не сможет выполнить, не навредив своему здоровью.

Управление роботом-манипулятором осуществляется с помощью полиномиальной системы уравнений, которая задает положение кисти робота в пространстве. Для того, чтобы узнать точное положение робота-манипулятора необходимо знать количество сочленений и сегментов данного робота. Если длины сегментов и углы разворотов сочленений известны, то задача определения положения руки-манипулятора в пространстве легко может быть решена, такая задача называется прямой-кинематической задачей. Если же известно конечное положение робота и необходимо определить конфигурацию сегментов, то такая задача называется обратной-кинематической задачей.

Для решения обратной-кинематической задачи необходимо построить полиномиальную систему уравнений, зависящую от нескольких переменных. В начале, кроме глобальных координат, нужно определить локальные прямоугольные системы координат в каждом шарнирном соединении для описания относительного положения сегментов, сходящихся в этом сочленении. Для того чтобы определить локальные координаты необходимо выполнить параллельный перенос, с помощью матрицы поворота, координат n-го сочленения, где находится кисть робота. Основное наблюдение состояло в том, что глобальные координаты любой точки можно найти, зная ее координаты в системе (x_n,y_n) и последовательно вычисляя координаты в системах (x_{n-1}, y_{n-1}), (x_{n-2},y_{n-2}), (x_1,y_1). После проделанных операций выводится формула конфигурации кисти, она задается в тригонометрической форме, ее необходимо преобразовать в полиномиальную форму, учитывая, что накладываются условия, действия сегмента на развороте сочленения. В итоге получается полиномиальная система уравнений. Решение этой системы и определяет конфигурацию руки. В работе предложен метод решения полиномиальных систем с помощью построения базиса Гребнера идеала многочленов от многих переменных. Базис Грёбнера это такой базис, что процедура деления с остатком для любого многочлена из идеала выдаст нулевой остаток. Если произвести его построение, то один из его многочленов, будет зависеть от одной переменной, что дает возможность решить всю систему методом исключения неизвестных. В итоге получается более простая система, которая имеет тоже самое решение, что и исходная. Реализовывая процедуру деления нужно выбрать лексиграфическое упорядочивание, это необходимо для того, чтобы правильно выполнять деление мономов, тем самым понижая степень уравнения или избавляться от некоторых переменных. Для реализации алгоритма выбран язык программирования C# в среде разработки Visual Studio 2015, для решения самой системы используется CoCoA это система компьютерной алгебры, в качестве текстового редактора используется Emacs.

Разработка интеллектуального сервиса мониторинга в информационно-аналитическом комплексе стратегического анализа инновационных направлений развития предприятия

Абкадиров Р.Р.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Белевцев А.М.
МАИ, каф. ТПРЭС
ruslan.abkadirov@mail.ru

Количество документов, размещённых в сетях Интернет на данный момент уже переступило отметку в 1 млрд. и продолжает свой экспоненциальный рост. Так как в настоящее время Интернет – это один из основных, а иногда и единственный источник информации в специфических областях знаний, тенденция такого стремительного роста порождает необходимость в разработке новых, адекватных методов поиска, хранения и мониторинга информации.

Результатом обыкновенного поиска по распространенным ключевым словам часто становится массив из нескольких десятков тысяч, а иногда сотен миллионов ссылок. Очевидно, что работа с таким объемом информации вручную невозможна, тем более, что подавляющая её часть не релевантна поставленной задаче, поэтому поисково-аналитическая обработка информации не может быть полноценно выполнена без применения автоматизированных информационно-аналитических систем.

Такие системы должны быть значительно более функциональными, нежели стандартный поиск по заданному набору ключевых слов. Автоматизированные информационно-аналитические системы должны быть снабжены инструментами для решения таких задач, как:

– полнотекстовый поиск документов, релевантных потребности пользователя, сформулированной в виде набора ключевых слов, осмысленной фразы, предложения или вопроса на естественном языке;

– реферирование результатов полнотекстового поиска, а также отдельных документов;

– поиск содержательно и тематически близких документов, включая тематическую кластеризацию и классификацию;

– извлечение из текстов естественного языка структурированных данных и фактов;

– установление зависимостей и связей между этими данными, например, анализ тональности высказанных мнений.

Одним из эффективнейших путей создания таких систем является внедрение методов искусственного интеллекта в механизм поиска и мониторинга данных. Интеллектуальные технологии могут быть применены в тех частях системы, где требуется решение задач, которые традиционно считаются прерогативой человеческого интеллекта, например, в решении задачи кластеризации документов, хранящихся в базе, на основе анализа их содержимого.

Для решения такого типа задач можно использовать алгоритмы машинного обучения. Причем, машинное обучение с учителем является более подходящим методом применительно к поставленной задаче, нежели обучение без учителя, так как при проведении стратегического анализа инновационных направлений развития предприятий трудно представить себе достаточно объёмную обучающую выборку, которая смогла бы охватить заранее неизвестные тенденции развития инновационных предприятий.

Создание интеллектуальной системы поиска и кластеризации информации позволит существенно повысить эффективность и релевантность мониторинга информации в сетях общего и специального назначения.

Основные способы реализации системы парковки доменов для размещения пользовательских Web-сайтов и Web-приложений

Аболмасов В.Г.
Научный руководитель – Кейно П.П.
МАИ, каф. СМиИГ
smig@mati.ru

На данный момент Интернет развивается всё более активно. Каждый появляется множество новых Web-сайтов и приложений и многие из них исчезают. В итоге у владельцев подобных проектов остаются доменные имена, которые являются ценным элементом Интернета, и которые являются ценным материальным ресурсом. Пока домен не занят каким-либо проектом, для него используют парковку или парковочную страницу.

Парковочные страницы, зачастую, являются универсальными и схожи друг с другом. С помощью парковочной страницы посетитель может связаться с владельцем домена для дальнейшей его покупки. Обычно для реализации используются практически одинаковые шаблоны, на которых есть форма, где пользователь может указать свои данные или же узнать данные владельца домена, для связи. В данной статье рассмотрены два варианта создания парковки: с помощью панели управления Web-хостингом ISPmanager и реализации на базе сервера Apache с использованием СУБД MySQL и языка программирования PHP.

ISPmanager является комплексным решением и представляет собой панель управления хостингом. В состав продукта входит интерфейс управления базами данных, Web-сервером и многое другое. Кроме того, присутствует и система паркинга доменов. . Основным достоинством данного варианта организации парковки является простота использования. С помощью программного интерфейса (API) ISPmanager можно с лёгкостью организовать передачу данных, для парковки домена. Благодаря этому при парковке, домен можно передать на сервер и ISPmanager автоматически пропишет его в списке хостов сервера. Однако использование данного программного продукта только для выполнения одной задачи является не самым оптимальным решением. Также нужно учесть, что данный инструмент не является бесплатным и распространяется по коммерческой лицензии.

Реализация на базе Apache является одним из самых простых вариантов. Для этого в настройках нужно прописать хост в директиве ”VirtualHost”, на который будут отправляться все неизвестные серверу домены. После чего требуется по адресу этого виртуального хоста организовать скрипт на языке программирования PHP, который будет получать имя запрашиваемого домена и на его основе выбирать из базы данных шаблон для страницы, а также другие данные для её генерации. В базе данных должна быть таблица, которая будет содержать в себе адрес, информацию о пользователе для генерации страницы с обратной связью.

Основным достоинством способа построения на базе Web-сервера является простота и скорость работы программного обеспечения. Также данную систему можно легко улучшать и обновлять, чего не может позволить комплексное программное обеспечение. Однако для реализации подобной системы требуются знания для настройки сервера Apache, а также основ программирования, для написания программного кода на языке PHP.

Таким образом, разработка парковки на основе Apache, PHP и MySQL является наиболее оптимальным выбором для создания парковки благодаря скорости работы, а также низкоуровневого доступа к программному коду, что обеспечит гибкое развитие проекта. Однако, если на сервере уже используется ISPmanager, он будет более простой альтернативой для реализации т.к. уже имеет встроенный функционал и API для работы с ним.

Информационно-сетевой учебный комплекс тестирования знаний учащихся по дисциплине теория графов

Агапов А.А., Зайченко А.А.
Научный руководитель – доцент к.ф.-м.н. Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
agapoff.alexandr2018@yandex.ru

В настоящее время технологии занимают все большую роль как в нашей повседневной жизни так и в учебном процессе. Именно благодаря этому развитию становится необходимым создание информационно-сетевых учебных комплексов для решения актуальных проблем в обучении. В дисциплине теория конечных графов охватываются основы электроники, схемотехники, теории и топологии компьютерных сетей , логистики и множества других академических дисциплин. В процессе изучения теоретического материала возникает необходимость наглядного примера реализации знаний и графического последовательного отображения действия алгоритмов, а также проверки теоретических знаний и отработки практических навыков в решения задач.

Основной проблемой подобных систем является наполняемость разными шаблонами задач.

Создание информационно-сетевого учебного комплекса позволяет решить все перечисленные выше проблемы. Теоретические материалы включают в себя: определение, описание, наглядные иллюстрации с последовательным графическим отображением алгоритмов, примеры решения задач.

Практическая часть состоит из решения задач (программа составляет уникальный список шаблонов заданий на основе которой генерируются типы задач по темам в выбранном разделе)

Информационно сетевой учебный комплекс состоит из двух частей: клиента и сервера

Задачи сервера:

- база данных клиентов
- хранение выданных вариантов
- генерация контрольных и отдельных заданий для учащихся
- добавление новых шаблонов
- контроль знаний
- задача клиента:
- представляется в виде web ресурса
- осуществляет авторизацию студентов
- доступ к устройству администрирования

На данный момент разработка системы продолжается, более трех десятков шаблонов позволяют создавать практически неограниченное количество вариантов заданий на их основе. Так как массив заданий очень велик сложно прорешать заранее все варианты, это позволяет при проверки навыков обучающихся во время контрольной работы/экзамена получить объективный результат. В процессе отработки материала или тестирования у студентов могут возникать проблемы с выполнением заданий, в этом случаи студент может вызвать справку, тогда пример не засчитывается, но при этом разбирается с пошаговым решением и тестирование продолжается.

Разработанный комплекс позволяет создать централизованную систему и облегчить преподавателю контроль знаний учащихся, получать актуальную информацию об успеваемости всей группы или конкретного студента.

Моделирование атмосферы в тренажерно-обучающих системах

Агафонов Н.А.
Научный руководитель – к.т.н. Мамросенко К.А.
ЦВИСИТ ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН
agafonovkolja@gmail.com

В настоящее время, в связи со значительной сложностью технических систем, при эксплуатации которых возникает риск возникновения нештатных и опасных для жизни ситуаций, появляется потребность в тренажерно-обучающих системах (ТОС). При создании ТОС главной задачей является создание условий, максимально приближенных к реальным. Визуализация погодных явлений - неотъемлемая часть при создании авиационных ТОС. Одной из важных задач при визуализации погодных явлений является отображение облаков, поскольку без них невозможно провести в полной мере отработку ряда учебных задач. Задача визуализации облаков является ресурсоемкой. За счет своей структуры, облака невозможно представить в полигональной форме. На сегодняшний день существует несколько подходов к реализации данной задачи, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

При выборе подхода, необходимо учитывать требования, которые предъявляются к системе визуализации в авиационных тренажерно-обучающих системах. Важнейшим условием при отображении облаков, является возможность пролета сквозь них, что существенно сужает количество подходов применимых к данной задаче. Так же немаловажным условием является дальность прорисовки облаков. В реальных условиях, видимость может достигать десятков километров. Еще одним важным требованием является высокая производительность системы визуализации, обеспечивающая отображение виртуальной сцены с частотой кадров не менее 25 в секунду.

Одним из подходов является визуализация облаков с помощью вокселей. Облачная поверхность представляет из себя трехмерную решетку. В узлах этой решетки находятся вокселы, являющиеся аналогами двумерных пикселов для трёхмерного пространства. С помощью шума Перлина генерируется трехмерная текстурная карта облаков. После чего, при помощи трассировки лучей света, рассчитывается цвет вокселей с учетом источников света, плотности облаков и рассеяния света. С помощью данного подхода возможно отображение детализированной и реалистичной облачной поверхности. К сожалению, данный подход требует значительного количества ресурсов и сложен в оптимизации.

Еще одни подходом является визуализация облаков с помощью билбордов. Билборд это полигон, все время направленный на наблюдателя. В данном подходе, каждое облако представляет собой трехмерную решетку, в узлах которой находятся билборды. К каждому билборду применяется небольшая текстура, соответствующая части облака. Зная, что облака плотные в центре и разрежённые по краю, внутри трехмерной решетки генерируются позиции билбордов, так что в совокупности получается облако. Используя двухмерную карту облачности или определив позицию случайным образом, формируется виртуальная сцена. Далее рассчитывается цвет облаков с учетом источников света, плотности и рассеяния. Данный подход, дает менее реалистичные результаты, нежели визуализация с помощью вокселей, но он менее ресурсозатратный и может быть применен для визуализации в режиме реального времени.

Визуализация облачности до сих пор остается задачей, требующей новых подходов, так как известные решения либо ресурсоемкие, либо требуют повышения реалистичности результатов моделирования.

Работа выполняется при поддержке РФФИ, грант № 17-07-00169-а

Разработка на C# под Linux

Агеев Е.Л.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Шафеева О.П.
ОмГТУ, каф. ИВТ
stiv-jek@yandex.ru

Объектно-ориентированный язык C#, был разработан в 1998 - 2001 годах для платформы Microsoft .NET Framework. Он относится к семейству C-подобных языков, на него огромное влияние оказали C++ и Java. Название языка происходит как следствие следующего поколения языка C - C++++ , а символ решетки можно составить из четырех знаков плюс. C# предназначен для написания программ под Windows, но имеет независимую реализацию под Linux - Mono. При компиляции на Mono или его графической оболочке MonoDevelopment получается файл с расширением .exe. Запустить его можно с помощью виртуальной машины Mono Runtime. MonoDevelopment был портирован и для Windows, как open soure реализация технологии .NET. При разработке на Linux открывается огромное количество интересных возможностей.

Основной особенностью такого метода разработки можно назвать полную совместимость для платформ Linux и Windows. Достаточно перенести проект на требуемую платформу с предварительно установленной IDE MonoDevelopment, подключить необходимые библиотеки и скомпилировать его. Linux не поддерживает запуск .exe приложений и .NET. Существует два способа решения этой задачи. Первый состоит в использовании программы Wine и надстройки PlayOnLinux, предназначенных для запуска Windows приложений в Linux. Трудность заключается в подключении необходимых компонентов. Второй метод предполагает запуск приложения в виртуальной среде Mono Runtime.

Другая особенность - использование GTK# для создания графического пользовательского интерфейса. Компонент является усовершенствованной версией библиотеки GTK+. В отличие от Mono, Microsoft Visual Studio использует стандартные Windows Form. GTK# с помощью классов и методов позволяет манипулировать элементами графического интерфейса. Класс Gtk.Window располагает методами автоматического управления буферами и памятью при построении интерфейса. Содержимое класса скрыто от разработчика в IDE, однако создается зависимый файл с таким же именем, изначально имеющий один метод this.Build для построения окна. Графический интерфейс на GTK, имеет большую поддержку в Linux, но он также работает и на Windows. Некоторые действия при использовании этой библиотеки не тривиальны и требуют глубокого изучения возможностей компонента.

Приведем пример очистки ComboBox. Не достаточно использовать один метод combobox1.Clear(), после него компонент перестает быть активным. Для дальнейшей работы необходимо создать специальный ListStore, куда будет занесена информация, отображаемая в ComboBox и присвоить его в качестве модели. Затем необходимо указать что он отображает текст, имеет список значений и установить в нулевую позицию.

Множество компонентов языка C# используется из Windows. К примеру, для подключения к БД MySql требуется выполнить действия, которые позволят языку взаимодействовать с компонентами Linux. Как и в Windows, основной библиотекой является Connector /.Net. Помимо этого требуется компонент monodevelopment-database и Entity.Framework для корректного соединения с базой.

Рассматривая такой метод при создании проектов, будет получена полная совместимость. C# имеет больше возможности, его «синтаксический сахар» позволяет упростить многие задачи, а библиотеки добавляют множество классов и готовых решений. При создании программ на Mono предстоит решить интересные и не тривиальные задачи. Именно это позволит «с головой окунуться» в проект, развить новые навыки и знания.

Унифицированная платформа взаимодействия внутри комплекса обучения иерархических групп

Алёшин А.Е.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.
МАИ, каф ПМИТЭТ
3piquip@gmail.com

В медицине, авиации, военной сфере и даже в автошколах все чаще и чаще используются компьютерные симуляторы для обучения будущих специалистов. Причин этому довольно много. В первую очередь это конечно же огромные риски, связанные с тем, что недостаток опыта обучающихся в данных сферах может привести к настоящим трагедиям. Кроме того, обучение на симуляторах еще и гораздо экономичнее. Посадить каждого студента за штурвал самолета не представляется возможным, а вот посадить за отдельный компьютер с запущенным симулятором – вполне реально.

Наиболее сложные для разработки симуляторы – те, в которых симулируемый объект должен управляться несколькими людьми, причём с различными должностными обязанностями и возможностями.

Структурно все подобные симуляторы очень похожи. Они состоят из преподавательского модуля и определенного числа студенческих модулей.

Задачи преподавательского модуля:

- Разработка задач для студентов
- Проведение тестирований студентов
- Отслеживание процесса выполнения задач в реальном времени
- Хранение результатов тестирований

Задачи студенческих модулей:

- Предоставление определенных интерактивных интерфейсов для обучения
- Предоставление инструкций и обучающих примеров для успешного выполнения поставленных задач
- Предоставление возможности обмена информацией с преподавательским и другими студенческими модулями

По причине универсальности данной структуры для описанного выше типа симуляторов планируется разработать платформу, которая облегчит другим программистам задачу написания подобных симуляторов. Платформа будет представлять собой некое приложение, которое будет позволять запускать разработанные в виде набора модулей симуляторы.

Платформа также будет содержать спецификации для написания подключаемых модулей, будет описывать интерфейсы, которые должны будут поддерживаться данными модулями. Предполагается, что сторонний разработчик пишет модули, проектируя их пользовательский интерфейс и описывая, какие сообщения передавать и как реагировать на принятые. Вся логика принятия и передачи сообщений будет реализована в классах платформы и разработчика модулей волновать не должна.

Разработка платформы будет сопровождаться ее активным тестированием на уже существующей модели обучения, разработанной в 2016 году для института военной подготовки МАИ. Имеющиеся модули будут переписаны так, чтобы они удовлетворяли всем требованиям разрабатываемой платформы. Таким образом, все проблемы платформы будут выявляться уже в процессе ее разработки, и к моменту завершения ее написания платформа будет в полностью отлаженном состоянии.

Исследование уязвимостей беспроводных сетей, использующих устройства совместимых стандартов

Алёшин Э.С.
Научный руководитель – Михайлов В.Ю.
МАИ, каф.402

В основе беспроводных технологий Wi-Fi (Wireless Fidelity) лежит передача данных по радиоканалу на разных частотах от 2,4 до 5 ГГц с использованием модуляции и кодирования сигнала рабочими частотами, специальными приложениями. Стоит сразу отметить основные преимущества технологии Wi-Fi над своими конкурентами (не вдаваясь в подробности): гибкость установки и развертывания, возможность использования на разного рода устройствах – кроссплатформенность, позволяет создавать высокоскоростные беспроводные локальные сети, многопользовательский режим без дополнительных настроек оборудования при условии совместимости, нет жесткой привязки к местоположению.

Главной организацией занимающейся разработкой стандартов Wi-Fi 802.11 выступает - IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers). Появилась в 1963 году, в результате слияния института радиотехников IRE (Institute of Radio Engineers), созданного в 1912 году, и американского института инженеров-электриков AIEE (American Institute of Electrical Engineers), созданного в 1884 году. По сей день существует и является одним из самых крупных издателей мировой технической литературы, касающейся применения радиоэлектроники.

IEEE 802.11 – набор стандартов для сетей Wi-Fi. В нём определены ключевые моменты, необходимые для соблюдения при разработке, развитии новых версий и спецификаций, такие как: набор протоколов для самых низких скоростей передачи данных, механизмы обеспечения обратной совместимости новых и старых устройств, варианты использования модуляции, кодирования и так далее.

Цель работы заключается в выявлении уязвимостей стандартных устройств в стандарте, позволяющих выполнять атакующие воздействия на физический канал беспроводной Wi-Fi сети передачи данных. Из всех актуальных на данный момент стандартов сетей Wi-Fi был выбран на рассмотрение IEEE 802.11n. Выявлены его особенности, связанные с используемыми технологиями, в частности использование технологии MIMO (Multiple Input, Multiple Output).

В результате анализа устройств работающих на 802.11n и самого стандарта, был разработан сценарий атакующих воздействий, которые впоследствии сравнивались по эффективности, сложности реализации и другим критериям между собой. Также был выполнен анализ воздействия ряда факторов и реальных условий, сопутствующих информационному взаимодействию беспроводных устройств, на их производительность.

В результате атакующих воздействий на стандартное устройство был разработан перечень требований для полноценной защиты передачи данных. Так же сформулированы условия, при выполнении которых скорость работы сети будет не ниже заявленных производителями.

Проектирование и расчет изделий с использованием Autodesk Inventor

Альшакова Е.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Альшакова Е.Л.
ЮЗГУ, каф. ТТиЭТ
katya.alshakova@mail.ru

Выполнение проектов по разработке и производству узлов оборудования, изделий, включающих подготовку в кратчайшие сроки необходимой конструкторской документации проектируемых изделий, анализ изделия, проведение прочностных и кинематических расчетов, в настоящее время осуществляется с использованием 3D технологий проектирования, среди которых можно выделить технологию цифровых прототипов, реализуемую программным продуктом САПР Autodesk Inventor.

Технология цифровых прототипов применяется в машиностроении и промышленном производстве и позволяет уменьшить затраты на технологическую подготовку производства, спроектировать необходимую оснастку для производства изделия, сократить затраты на стадии подготовки производства, сроки разработки нового изделия и запуск его в производство, себестоимость продукции.

В работе создается модель прототипа манипулятора в программе Autodesk Inventor. Манипулятор предназначен для работы с гамма-излучателями при перезарядке и ремонте контейнеров. Манипулятор также может использоваться в лабораториях гамма-дефектоскопии, радиационно-терапевтических и др., в которых применяются данные приборы. В качестве основания для разработки был выбран манипулятор для работы с ампулированными гамма-излучателями с активностью не выше 1000 г*экв_радия. Цифровая 3D модель создавалась по чертежам деталей, входящих в состав сборочной единицы Манипулятор, имелось описание сборочной единицы с указанием назначения и порядка сборки, а также аксонометрический чертеж сборочной единицы.

Для проектирования и инженерного анализа изделия был выбран Autodesk Inventor, т.к. данный программный продукт обеспечивает простое построение сложных 3D моделей деталей и сборок за счет наличия инструментов выдавливания и вращения, лофтинга – генерации объектов, имеющих различные сечения, расположенные вдоль пути, сдвига – создания геометрии указанием контура и направления, инструментов редактирования, позволяющих заменить плоскую грань поверхностью любой формы, задать наклон созданной грани, инструментов генерации твердого тела, содержащего несколько сложных поверхностей, инструментов для создания геометрии пластмассовых изделий, управляющим большим количеством параметров создаваемой геометрии. При создании сборок используются библиотечные ГОСТ компоненты и разработанные пользователем параметрические компоненты, значения параметров которых хранятся во внутренней или внешней таблице. Мастера проектирования – генераторы, дают возможность автоматизировать процесс создания параметрической модели, управление моделью и используют библиотечные ГОСТ компоненты.

Создание цифровой 3D модели прототипа изделия выполнялось в соответствии со следующими этапами: создание проекта – папки для хранения и доступа к файлам разрабатываемого цифрового прототипа изделия; создание моделей деталей по чертежам; создание сборки; использование сборочных зависимостей для позиционирования деталей в сборке, ограничения их перемещения, совмещения осей отверстий; вставка стандартных изделий из библиотеки Autodesk Inventor; создание компонентов по месту – в файле сборки вычерчивается эскиз, на основе эскиза создается твердое тело, например, вращения, и далее выполняются действия по созданию модели детали; задание материалов деталей; проверка сборки – определение пересечений деталей, пространственных, объемных и массовых характеристик, оформление рабочей документации – рабочих чертежей деталей, сборочного чертежа и спецификации.

С помощью динамического моделирования проанализировано взаимодействие между компонентами сборки. Выполнены расчеты на прочность и собственные частоты.

САПР в исследовании моделей объемно-планировочных решений жилых зданий нового поколения из железобетонных панельно-рамных элементов

Альшакова Е.Л.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Кобелев Н.С.
ЮЗГУ, каф. АГГ
alshakova_el@mail.ru

Информационные технологии широко внедрены во все области деятельности человека. Технология информационного моделирования зданий (BIM), реализованная комплексом программ, поддерживает работу с проектом на всех стадиях жизненного цикла здания. На каждом этапе работы с единой информационной моделью здания используется своя САПР. Для архитекторов – это программа Autodesk Revit, позволяющая создать трехмерную модель здания, оформить рабочую документацию проекта,

выполнить расчеты технико-экономических показательней, составить сметы и спецификации. Для конструкторов – программа Autodesk Robot Structural Analysis, позволяющая выполнить статический расчет конструкции по первой и второй группе предельных состояний, провести анализ расчета с определением внутренних усилий в элементах, моментов, построением эпюр, выполнить динамический расчет конструкции.

BIM-технология объединяет несколько САПР для получения конечного продукта – проекта здания, информационной модели, содержащей всю необходимую информацию об объекте строительства, а в современных условиях позволяет сократить сроки проектирования и количество ошибок, в том числе, за счет определения коллизий.

Крупнопанельное домостроение широко развито в нашей стране, типовые серии жилых домов заменяются на проектируемые с использованием новых технологий, в которых учитывается спрос на жилье такого типа. Быстровозводимые жилые здания эконом-класса на основе конструктивных систем индустриального изготовления составляют более половины ежегодного объема всего строящегося жилья. Разработка новых комбинированных конструктивных схем здания – современное направление развития крупнопанельного домостроения. В работах Ильичева В.А., Колчунова В.И., Клюевой Н.В. предложена комбинированная конструктивная система каркаса здания из железобетонных несущих панельно-рамных элементов, заполненных легким стеновым материалом, плит перекрытия, несущих обвязочных ригелей с терморазъемами, самонесущих наружных стен. Разработаны узлы сопряжения элементов.

Решаются задачи разработки информационных моделей объемно-планировочных решений жилых зданий нового поколения из железобетонных панельно-рамных элементов индустриального изготовления, а также анализа данных конструктивных решений с использованием связки программных продуктов САПР Autodesk Revit и Autodesk Robot Structural Analysis. В соответствии с предложенной конструктивной системой в программе Autodesk Revit разработаны варианты моделей жилых многоэтажных зданий, реализующие различные планировочные решения. С целью обеспечения возможности работы с аналитической моделью в программе статического расчета, стены создавались привычным для архитектора способом с помощью стандартных инструментов. Создавались семейства Autodesk Revit – параметрические компоненты, позволяющие автоматизировать рутинные операции проектирования, создавать и изменять типоразмеры. Семейство панели-рамы содержит семейства закладных деталей и выпусков вертикальных рабочих стержней. Стены и панели-рамы совмещались в модели с учетом проемов.

Конструктивная безопасность системы определялась путем расчета каркаса здания с использование метода конечных элементов в программе Autodesk Robot Structural Analysis. Задавались постоянные и временные нагрузки, выполнялся статический расчет конструкции по предельным состояниям. Проанализированы результаты расчета. Кроме того, необходимо провести расчет каркаса здания на запроектные воздействия, вызванные выключение из расчетной схемы некоторых несущих элементов при возможных ЧС.

Внедрение шлюза доступа к Интернет с Web-авторизацией для абонентов беспроводного сегмента ЛВС Ступинского филиала МАИ

Антонов П.А., Кудряшов Н.С.
Научные руководители – доцент, к.т.н. Челпанов А.В.
Ступинский филиал МАИ, каф. МСиИТ
gaarakinger@mail.ru

При проектировании вычислительных сетей различного масштаба и назначения, как правило, особое внимание уделяется разработке беспроводных сегментов. С одной стороны необходимо пользователям предоставить удобный доступ к ресурсам ЛВС и Интернет, с другой – необходимо обеспечить безопасность и контроль доступа. Согласно требованиям постановления Правительства РФ №758 и №801 доступ в Интернет через публичные Wi-Fi-точки требует обязательной идентификации пользователей, поэтому

предлагается внедрить шлюз с авторизацией доступа для абонентов Wi-Fi сегмента ЛВС Ступинского филиала МАИ.

Существует несколько вариантов для организации доступа с авторизацией, например, web- или sms- авторизации, сам шлюз можно настраивать вручную или же приобрести готовую версию. В данной работе предлагается решение с web-авторизацией на базе открытого ПО. Алгоритм подключения пользователя к Wi-Fi следующий: пользователь выбирает SSID в списке беспроводных сетей, подключается и при попытке открыть любой сайт через браузер, переадресуется на страницу с приветственным сообщением и авторизацией доступа, для загрузки web-страницы необходимо ввести логин и пароль. Для организации доступа используется сервер с операционной системой FreeBSD и маршрутизатор с прошивкой с расширенным функционалом DD-WRT.

На маршрутизаторе выполнены следующие настройки: имя и пароль администратора, WAN-интерфейс, Router IP, DHCP, DHCP-Authoritative отключен, SSID, включен режим Chillispot, отделены LAN-порты от Wi-Fi сети, назначен IP-адрес сервера с FreeRadius, DNS провайдера, web-страница с авторизацией доступа, ключ для авторизации в radius.

На сервер установлена ОС FreeBSD, FreeRadius и MySQL. В конфигурационном файле /usr/local/etc/raddb/radiusd.conf настроены параметры для работы связки FreeRadius и MySQL, в файле /usr/local/etc/raddb/clients.conf настроены параметры доступа к маршрутизатору, в файле /etc/rc.conf настроен запуск демона radius. Для MySQL выполнены следующие настройки: в файле /etc/rc.conf включена опция запуска; задан логин и пароль для подключения, создана БД пользователей Wi-Fi; в файле /usr/local/etc/raddb/sql.conf выполнены настройки для привязки FreeRadius к MySQL. Для работы авторизации настроен web-сервер Apache с SSL с поддержкой CGI-скриптов и PHP, сама страница web-авторизации и CGI-скрипт взят с http://www.chillispot.info/download.html.

В ходе выполнения работы установлены, настроены и протестированы маршрутизатор с прошивкой DD-WRT, связка FreeRadius и MySQL под управлением ОС FreeBSD, web-сервер Apache, страница и CGI-скрипт web-авторизации. Внедрение предложенных решений позволит выполнить авторизованный доступ к Интернет для пользователей беспроводного сегмента ЛВС Ступинского филиала МАИ и соблюсти требования законодательства РФ.

Автоматизация продаж через социальную сеть Instagram

Артамонов А.К.
Научные руководители – доцент, к.т.н. Челпанов А.В.
Ступинский филиал МАИ, каф. МСиИТ
artamonovinc@gmail.com

Как известно, социальная сеть Instagram является одной из самых крупных в мире. Instagram создавался как бесплатное приложение для обмена фотографиями, но сейчас сеть привлекает и предпринимателей, помогая им продавать товары и услуги. На июнь 2016 г. количество активных пользователей Instagram превысило 500 миллионов и значительно увеличивается каждый год, что является сильным фактором для развития коммерческих web-проектов, использующих Instagram как для рекламы, так и реализации товаров. Известное ограничение публикаций в Instagram состоит в том, что ссылки под публикациями с изображениями не являются активными, поэтому потенциальному покупателю придётся самостоятельно искать заинтересовавшую его товарную новинку в каталоге web-магазина, а это в свою очередь неэффективно и клиент просто уходит.

В данной работе реализовано эффективное решение, которое позволяет повысить конверсию и трафик сайта, а также способствует увеличению продаж. Базируется решение на специальной промежуточной странице между профилем пользователя в Instagram – владельца web-сайта с товарами или услугами. Данный элемент называется товарной лентой. Товарная лента является мощным инструментом, позволяющим организовать продажи через сеть Instagram, при этом продавец добавляет публикации на товарную

ленту и указывает для каждой ссылку на товар (например, https://www.instagram.com/artamonovlife), описание которого размещает уже на своем сайте. Клиент переходит по ссылке из профиля Instagram сначала на ленту, а затем по прямой ссылке на товар или услугу.

В качестве тестовой площадки для тестирования и отладки предложенных решений в проекте реализован и опубликован блог, ознакомится с которым можно по адресу http://artamonovlife.ru. Платформой блога, разработанного автором тезисов, является бесплатная CMS Wordpress. В системе управления контентом выполнена верстка шаблона блога с наследованием темы Impreza и адаптированной под вывод данных из плагина Portfolio; для вывода изображений каждого поста в цикле и вывода виджета сетки из изображений разработаны модули на PHP с использованием блочной разметки HTML, применены таблицы стилей CSS. Дальнейшее развитие проекта направлено на реализацию функции хранения ссылок в Instagram Stories в течении какого-то времени (для доступа на ограниченные по времени акции), как известно, истории на данном web-ресурсе автоматически удаляются спустя 24 часа после публикации.

Исследование защищенности Wi-Fi сетей на улицах центра Москвы

Атавина А.В., Кочанов А.А., Становов И.Ю.
Научные руководители – Епифанцев С.В., Сильнов Д.С.
Школа №1770, МИФИ, каф. 12
g-one@ya.ru

В связи с быстрым развитием технологий многие общественные места, организации и предприятия оборудованы беспроводной сетью Любой человек, подключившись кWi-Fi, беспрепятственно может попасть в глобальную сеть. Актуальным вопросом в связи с этим становится безопасность использования Wi-Fi сетей. На сегодняшний день, почти каждое общественное место или компания имеют свою беспроводную сеть. В связи с этим вопрос о безопасности использования и защищенности данных в таких сетях очень актуален в наше время. Мало кто серьезно подходит к безопасности своей сети. Более того, мало защищенные беспроводные сети дают злоумышленнику большие возможности для проведения своих атак, например, спам-рассылок. В связи с этим мы проводим исследование на защищенность Wi-Fi сетей на улицах центра Москвы.

Основная цель нашей работы – анализ степени защищенности Wi-Fi сетей на улицах центра Москвы.

Задача нашего исследования – просканировать Wi-Fi сети и выявить уровень их защищенности, после чего обработать информацию и составить статистику. Сканируем мы достаточно большую местность, находящуюся в пределах Бульварного кольца, в частности такие набережные как: «Раушская», «Садовническая», «Софийская» и другие.

Для сканирования Wi-Fi сетей мы использовали программу под названием «Vistumbler», которая показывает информацию о алгоритме шифрования и способу аутентификации сетей. «Google Earth» использовался для того, чтобы наглядно отметить точки на карте. Также мы использовали дополнительное оборудование – внешний GPS-адаптер G-STARIV, и внешний Wi-Fi-адаптер TP-LINK AC 1200 с двумя внешними антеннами. GPS нужен для точной отметки местоположения сканируемых сетей, в то время как Wi-Fi-адаптер, в свою очередь, усиливал радиус нахождения Wi-Fi точек, тем самым увеличивал площадь охвата сканирования.

Таким образом, при анализе данных сканирования Wi-Fi сетей на нескольких улицах исследуемой области было выявлено 14,4% точек без шифрования трафика. При использовании таких точек для выхода в Интернет нельзя гарантировать, что передаваемая информация не станет доступна третьим лицам. Кроме того, 1,6% беспроводных сетей имеют протокол аутентификации типа WEP. 2,4% точек защищены уровнем WPA, и 81,6% сетей имеют уровень защиты WPA2.

В результате сканирования на нескольких улицах было выявлено, что многие из сетей имеют низкий уровень защиты или не имеют его вовсе. Открытая точка доступа в

общественном месте означает, что открывает злоумышленник может беспрепятственно атаковать в любой момент. Таким образом, можно сказать, что проблема защищенности беспроводных сетей на улицах Москвы существует.

Проблематика современных беспилотных летательных аппаратов

Атаманов Э.В., Мушарапов Р.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Смирнова С.В.
КНИТУ-КАИ, каф. ПИИС
mister-ataman94@mail.ru

В последнее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) стали быстро развивающимся направлением в авиации, особенно в странах Запада и в США. Такая тенденция связана с применением новых технологий в авиастроении, разработкой особо прочных и сверхлёгких конструкционных материалов, миниатюризацией бортового оборудования, а также появлением глобальных систем навигации, связи и управления.

Однако вместе с техническим прогрессом в данной области порождаются и существенные проблемы. Это касается, прежде всего, возможности использования беспилотных летательных объектов в террористических целях. Управление данными видами устройств может осуществляться анонимно и дистанционно без риска для оператора. К тому же они просты в управлении, и могут использоваться как одиночно, так и в составе группы для того, чтобы достичь желаемого результата. Несмотря на то, что ещё не было случаев применения БПЛА в терактах, исключать такую возможность нельзя.

Но помимо террористов, на сегодняшний день, людям приходится сталкиваться с недобросовестным, а порой и хулиганским использованием беспилотников. Наиболее известный случай, произошел осенью 2014 года в Германии, когда на митинге правящей партии неизвестный бесплитоник приблизился к канцлеру Ангеле Меркель, выступавшей тогда на трибуне. Охрана оперативно среагировала и нейтрализовала этот миникоптер. Но, несмотря на это, многие тогда посчитали, что при замене фотокамеры миникоптера на поражающее устройство данный инцидент мог иметь катастрофические последствия.

В конце 2014 года были зарегистрированы случаи облетов мультикоптерами территорий атомных электростанций и военных объектов Франции. Также были беспрепятственно произведены полеты над центром Парижа, Эйфелевой башней и даже над президентским дворцом.

В январе 2015 года квадрокоптер фирмы DJI упал около Белого дома в Вашингтоне, чем серьёзно озадачил охрану президента США, которая, проведя собственное расследование, была вынуждена начать серию технических проверок по надежности защиты резиденции от подобного вмешательства.

Несомненно, все эти события являются редким исключением из общей практики беспилотной авиации, однако забывать об этом тоже не следует. И в связи с этим, необходимо поставить первостепенную задачу в обеспечении безопасности использования данных технических устройств. Максимально повысить защиту каналов связи от внешнего вмешательства, и недопущения перехвата беспилотников террористами и другими лицами с целью совершения теракта.

Состояние и проблемы использования современных беспилотных летательных аппаратов

Атаманов Э.В., Мушарапов Р.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Смирнова С.В.
КНИТУ-КАИ, каф. ПИИС
mrn.musharapov@yandex.ru

Развитие современной техники, привело к появлению новых видов и классов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые отличаются друг от друга размерами, конструкцией, дальностью полета и характером выполняемых задач. Современные БПЛА помогают решать разноплановые задачи во многих сферах деятельности (гражданской, коммерческой, военной и др.), отраслях промышленности.

Преимуществом использования БПЛА заключается в том, что стоимость их создания и эксплуатации намного меньше чем у пилотируемых летательных аппаратов (ЛА), они имеют возможность проведения исследований в труднодоступных местах и сводят к минимуму угрозу жизни оператора.

При этом, благодаря возросшему интересу к БПЛА, их область применения постоянно растет. В зависимости от задач беспилотники оснащаются различным специализированным оборудованием: всевозможными датчиками, средствами наружного наблюдения, высокочувствительными радарами и прочими средствами наблюдения, фиксирования и передачи информации, что весьма полезно для многих отраслей.

Не смотря на очевидные преимущества, беспилотники имеют некоторые проблемы, такие как: недостаточная гибкость применения по сравнению с традиционной авиацией; пока не до конца решены многие вопросы связи, посадки, спасения аппарата; уровень надежность аппаратов пока еще уступает традиционным ЛА; проблема сертификации для полетов в общем воздушном пространстве. В основном это связано с тем, что эта область находится на стадии развития.

Одной из наиболее важных проблем связанной с БПЛА, в частности с дистанционно-пилотируемыми летательными аппаратами (ДПЛА), является уязвимость их систем дистанционного управления (GLONASS/GPS приемники). Вследствие чего, принимаемые и передаваемые летательным аппаратом сигналы можно глушить, перехватывать и подменять. Например, в 2012 году в одной из статей BBC было опубликовано что американские учёные из Техасского университета в Остине успешно перепрограммировали систему GPS одного из беспилотных летательных аппаратов – на спор с министерством внутренней безопасности США.

На основании этого, была доказана практическая возможность взлома и перехвата управления БПЛА путём «спуфинга» (от английского spoof – «надувательство»). Суть этого способа заключается в том, что аппарат принимает радиосигнал от хакеров за сигнал от «родного» спутника. Как отмечалось, этот метод взлома ориентирован на аппараты с незашифрованным гражданским сигналом GPS. Но велика вероятность того, что при должном умение, есть возможность взлома и военных беспилотников.

В конечно итоге, беспилотные летательные аппараты, безусловно, будут увеличивать свою популярность, развиваться и использоваться во многих областях жизни. Благодаря развитию техники, будут разрабатывается самодостаточные аппараты с полноценными системами автоматического управления.

Разработка веб-сайта с поддержкой социологических опросов для экологического движения «ЭкоСтупино»

Ашарина Е.А.
Научные руководители – доцент, к.т.н. Белова С.Б., Чибисова Е.В.
Ступинский филиал МАИ, каф. МСиИТ
rini7@mail.ru

В настоящее время экологическая проблема встает перед нами как никогда остро. Современная промышленность и множество других отраслей деятельности человека сильно загрязняют окружающую среду. Для того чтобы находились пути решения вопроса, в первую очередь крайне важно воспитывать общественное сознание человека, давать ему понимание важности бережного отношения к природе.

Проблема экологии в городе Ступино занимает особое место: Ступино – промышленный город. Здесь построены и работают несколько предприятий авиационной промышленности, что не может не влиять на мир вокруг них.

С 2015 года в городе Ступино Московской области существует молодёжное экологическое движение «ЭкоСтупино». Одна из форм работы движения – проведение социологических опросов на экологическую тему и выполнение статистического анализа с дальнейшей публикацией результатов. До сегодняшнего дня опросы проводились в письменно-бумажной форме, однако в текущем году нами было принято решение создать систему опроса в виде онлайн-ресурса (веб-сайта).

Такой подход позволит существенно облегчить проведение опросов и анализ результатов. Опросы создаются с помощью сервиса Google Forms и встраиваются в структуру сайта. Анкеты содержат в себе следующие виды вопросов:

- с единственным выбором ответа;
- с множественным выбором ответа;
- с ответами развернутого типа.

Google Forms позволяет просматривать результаты в удобной форме в онлайн-режиме, строить диаграммы различного типа, просматривать общую статистику и ответы каждого из респондентов. Также возможен экспорт результатов в листы Microsoft Excel, что позволит при необходимости строить разнообразные дополнительные выборки, а также подключение дополнительных плагинов для анализа результатов.

Кроме того, на сайте планируется разместить новостной блок движения «ЭкоСтупино», информацию об акциях и мероприятиях, контакты, ссылки на аккаунты в социальных сетях и другие полезные данные.

Одно из важных требований, предъявляемых к системе – её адаптивность, возможность использования на мобильных устройствах. Этому уделяется особое внимание. При создании веб-страниц используется фреймворк для веб-разработки Bootstrap, что значительно облегчает решение данной задачи.

В данный момент ведётся активная разработка системы, в апреле запланирован запуск тестирования сайта на базе локальной сети Ступинского филиала МАИ. В дальнейшем планируется размещение системы на хостинге в сети Интернет.

Выбор методов и средств распознавания образов на изображениях

Баймуратова Д.Б.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Смирнов Н.Я.
МАИ, каф. СА
dayana140494@mail.ru

Целью данной работы является исследование существующих методов извлечения признаков объекта на изображении для распознавания образов и методы улучшения точности распознавания на изображениях. Выбор признаков объекта на изображении считается одной из важных задач, связанных с построением распознающих систем. Несмотря на то, что на сегодняшний день существуют уже много методов распознавания образов, актуальность проблемы извлечения признаков объекта на изображениях остается.

Это связано с тем, что эталонные изображения могут быть искажены, иметь разные ракурсы, масштаб, фон, освещение и т.п.

В ходе работы было проведено исследование существующих методов распознавания объектов на изображении, рассмотрены методы обработки изображений, для сравнительного анализа алгоритмы были реализованы и протестированы в среде MATLAB. Тестовые изображения были подготовлены с помощью цифровой видеокамеры, снятых в различных окружающих условиях и с различным разрешением изображений.

Для анализа рассматриваемых методов оценивались следующие характеристики:

- Количество пропущенных объектов;
- Количество ложных объектов.

По оценкам этих характеристик, была выявлена точность метода для выделения на изображении целевого объекта.

При проведении тестирования методов распознавания динамических объектов (Оптический поток, Вычитание фона) были выявлены основные проблемы, повлиявшие на точность обнаружения. Это: изменение освещения, перекрытие объектов, динамический фон, деформация объекта и т.п. Точность детектирования в основном зависит от качества разрешения изображений и условий съемки. При исследовании методов распознавания статических объектов также были выявлены проблемы: это деформация объекта, перекрытие объектов, разные ракурсы, масштаб и т.п.

С учетом этих проблем и результатов тестирования, можно сказать, что методы справляются с выделением объектов только в определенных условиях. Анализ методов

показал, что в результате модификации и комбинирования нескольких методов, можно повысить точность распознавания до 8-10%. Точность повышается за счет устранения таких проблем как: перекрытие объектов, разный масштаб, динамический фон. Целью дальнейших исследований данной тематики является повышение точности распознавания при различных условиях съемки для возможности применения алгоритма в анализе сцен.

Высокоскоростное косое соударение метеороидов и космического мусора с плоской преградой для различных моделей среды проникания

Бакшеев С.И.
Научный руководитель – к.т.н. Авершьев С.П.
МАИ
sergbaksheev825@gmail.com

Проблема столкновения аппаратов с космическим мусором обсуждается с запуска первых спутников в пятидесятых годах. На данный момент, NASA отслеживает более 500 тыс. обломков искусственных и природных объектов на орбите Земли. Предполагается, что при столкновении МКС с предметом размером более 10 см разрушения могут стать необратимыми. В связи с этим возникает необходимость в разработке методов математического моделирования и расчетных оценок параметров процесса кратерообразования, позволяющих дать прогнозирующие оценки теплофизических параметров быстропротекающих процессов соударения тел при высоких скоростях.

Основными целями работы являются исследование влияния высокоскоростного соударения осколков космического мусора на функционирование и безопасность пилотируемых орбитальных станций и совершенствование методов прогнозирования повреждений и расчета защитных экранов при экспериментальной отработке.

На данный момент достаточно хорошо исследовано прямое соударение космического мусора и гермооболочки космического аппарата в связи с наибольшей опасностью для космонавтов и относительной простотой проведения экспериментов. Однако точное определение глубины кратера и величины пробойного отверстия при косом соударении может помочь при проектировании и экспериментальной отработке эффективной экранной защиты.

В качестве математической модели в данной работе берутся различные модели преграды при соударении цилиндра с полубесконечной мишенью. Для повышения точности моделирования проводится анализ соударения с учетом двухмерности задачи и сжимаемости материала мишени. Поставленная задача решалась при помощи численного метода, так как упрощения аналитических методов вычисления плохо согласуются с реальными процессами, протекающими при высокоскоростном ударе. Расчеты проводились со скоростями до 8 км/с для последующего сравнения с результатами экспериментов на многоцелевой баллистической установке ЦНИИмаш. В исследованиях на данной установке были определены тепловые составляющие балансов энергии и импульса, теплофизические характеристики и агрегатные состояния массы выброса из кратера в зависимости от начальной скорости удара частицы.

В рамках работы создана программа на языке С, позволяющая при заданных начальных параметрах получить предполагаемую глубину кратера в алюминиевой мишени при разных углах соударения. Точность определения глубины при угле в 0 градусов близка к экспериментальным данным в ЦНИИмаш.

Расширение Document Object Model при реализации модели мелкогранулированного гипертекста

Бекетов А.С.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Гагарин А.П.
МАИ, каф. 304
anton-7777@yandex.ru

Гипертекст – текст, ветвящийся или выполняющий действия по запросу. Гипертекст содержит гиперссылки – части документа, ссылающиеся на элементы этого или другого документа.

Термин впервые введен Тедом Нельсоном в 1965-м году, но с тех пор представление о том, что он должен представлять собой на практике, менялись неоднократно.

В 1987-м году появляется система Storyspace – программное обеспечение для написания нелинейных текстов, относящихся к так называемой «гипертекстовой литературе». Карта текста в Storyspace – мелкогранулированный гипертекст, то есть гипертекст, каждый узел которого содержит сравнительно небольшое количество информации.

В 1993-м году публикуется стандартизированный язык разметки гипертекстовых документов HTML. Незадолго до этого HTML становится одним из основных стандартов зародившейся тогда Всемирной паутины, и с тех пор прочно занимает позицию самого популярного формата разметки веб-страниц.

При этом гипертекст интернета по своей идее довольно далеко уходит от более ранних, мелкогранулированных гипертекстовых систем, хотя эксперименты по реализации и применению мелкогранулированного гипертекста продолжаются.

На момент создания первых прототипов проблемой являлась не только запись, но и чтение гипертекста. С тех пор благодаря распространившимся мультимедийным технологиям, особенно на мобильных устройствах с сенсорными экранами, возможности манипуляции с текстом сильно возросли.

В то же время процесс создания и редактирования гипертекста обычным пользователем по-прежнему имеет определенные трудности в реализации – опять же, в первую очередь на мобильных устройствах, хорошо приспособленных для чтения, но сильно отстающими от настольных ПК в вопросах ввода информации.

На сегодняшний день HTML5 в совокупности с JavaScript является одной из основных технологий, поддерживающих кроссплатформенную работу с документами. Вместе с этим, DOM (Document Object Model – «объектная модель документа»), используемый в HTML5 для доступа к данным, имеет значительные сходства с иерархической структурой модели мелкогранулированного гипертекста.

В то же время DOM – древовидное представление, а мелкогранулированный гипертекст содержит ссылки между узлами одной страницы, что предполагает использование сетевой модели.

В докладе рассматриваются подходы к расширению Document Object Model в рамках реализации программного обеспечения, осуществляющего кроссплатформенную поддержку создания, редактирования и чтения гипертекстовых данных.

Исследование вероятностных методов распознавания для разработки интерфейсов на основе динамических жестов

Бизюкин Г.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Майков К.А.
МГТУ им. Баумана,
каф. ИУ7
uashir@mail.ru

В связи с развитием технологий полной и дополненной виртуальной реальности остро встает вопрос изучения и внедрения новых способов взаимодействия оператора с вычислительной системой.

Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки естественных человеко-машинных интерфейсов, способных включать в себя широкий набор динамических жестов.

Целью данной работы является поиск и исследование наиболее эффективного и надежного метода распознавания динамических образов.

Данный метод должен обеспечивать высокую точность распознавания (свыше 90%) при минимальном количестве ложных срабатываний для набора динамических жестов, который был бы достаточным для реализации всей функциональности системы.

В задачи исследования входит анализ существующих разработок, программно-технических реализаций, а также математических моделей, с помощью которых задача распознавания может быть решена в режиме реального времени с достаточной точностью и минимальным количеством ложных срабатываний.

Среди различных подходов к распознаванию были выделены методы на основе вероятностных моделей.

В результате сравнения различных методов построения и обучения вероятностных моделей было показано, что дискриминативные ненаправленные вероятностные модели, такие как условные случайные поля, обладают большей точностью распознавания в режиме реального времени по сравнению генеративными вероятностными моделями, такими как скрытые марковские модели.

В качестве количественной оценки выступала вероятность распознавания базового набора жестов, а также вероятность ложного срабатывания на последовательности, не входящие в базовый набор.

Обучающая выборка была составлена из различных динамических жестов, полученных с помощью разных операторов. Тесты проводились для различных наборов исходных данных с различной степенью искажений и помех.

Для проведения исследования были использованы средства трехмерной визуализации такие как Unity3D, стандартные средства языка Python, библиотеки машинного обучения, а также библиотеки сторонних разработчиков.

В работе представлена реализация алгоритма условных случайных полей с использованием подхода динамического программирования и квазиньютоновских методов оптимизации для обучения модели.

Также представлен обзор существующих программно-технических реализаций с указанием их достоинств и недостатков, кратким описанием их интерфейсов прикладного программирования и диапазона их применимости.

Данные представлены в наглядной форме в виде диаграмм, таблиц и графиков.

Система многопользовательского интеллектуального перевода англоязычных текстов

Бикмухаметов Д.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
presswintox@gmail.com

В настоящее время существуют множество англоязычных текстов, которые затрагивают научную и около-научную тематику, и при этом не имеют перевода на русский язык, что усложняет доступность информации для людей, которые по каким-либо причинам, не владеют английским языком или не достаточно владеют им для прочтения таких текстов. Также в таких текстах обычно используются различные технические термины, которые сложны для обычного перевода. Доступные на данный момент сервисы-переводчики могут некорректно перевести такую информацию и предоставить, искаженный по смыслу, перевод.

Чтобы решить эту проблему, был создан данный программный комплекс. Переводом могут заниматься любой пользователь системы, если он имеет достаточно знаний для перевода. Для того, чтобы ускорить процесс перевода больших текстов, система позволяет переводить один текст нескольким пользователям одновременно.

Система состоит из двух частей. Первая - это Windows-приложение или веб-сайт, которые пользователи системы используют для перевода текста. Она включает в себя: возможность выбирать переводимый текст из доступных на сервере и просматривать уже готовые переводы, интуитивно-понятный интерфейс для перевода и редактирования текста, а также личный кабинет пользователя.

Процесс перевода происходит следующим образом. Пользователь системы выбирает текст из списка доступных, которые вообще не переводились или уже переводятся другими пользователями. Текст разбит по абзацам. Пользователь переводит текст по предложениям. Каждое предложение текста помечено специальным цветом, которое позволяет определить его состояние:

Зелёный - у предложения есть перевод;

Жёлтый - в процессе перевода другим пользователем;

Если предложение не отмечено никаким цветом, то значит оно ещё не переводилось, и пользователь может выбрать его и написать перевод для него. Также можно посмотреть перевод других предложений, и если есть вариант перевода получше, то пользователь может отредактировать это предложение.

Вторая часть системы предназначена для получения информации о переводе слов и словосочетаний для заполнения своей базы данных. Эта подсистема позволит упростить перевод текста, подсказывая пользователям перевод слов, которые уже переводились ранее.

Программный комплекс реализован на языке C# с использованием программной платформы NET Framework 4.5, все обращения к базе данных используются при помощи SQL запросов.

Данная система предусматривает дальнейшее развитие и расширение возможностей.

Система для диагностики состояния пациента методом измерения КЧСМ

Бирюкова К.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Судаков В.А.
МАИ, каф.302
k.s.biryukova@mail.ru

Прибор для получения оперативной информации о здоровье, самочувствии и малейших изменениях состояния пациента в процессе выполнения терапевтических процедур.

Метод измерения критической частоты слияния мерцаний – порога частоты, после которого глаз человека перестаёт воспринимать стробоскопический эффект. Этот порог индивидуален для каждого человека, но очень устойчив к внешним воздействиям. Изменение частотного порога происходит при вредном воздействии на организм, в том числе лекарственных средств.

Актуальность заключается в новизне метода. А так же повышение интереса медиков к быстрой и точной диагностике, не требующей большого количества сложной аппаратуры.

Новизна в том, что я предлагаю отказаться от микропроцессорных устройств и передать их функции малогабаритному персональному компьютеру для получения, хранения и обработки информации.

Результатом работы станет система, готовая для испытаний и использования в клинических лабораториях и иных подразделениях, занимающихся биологическими исследованиями. В неё войдут:

1. прибор для измерения КЧСМ;
2. компьютер;
3. программа для обработки результатов;
4. база данных для хранения всей необходимой информации.

Аналоги, которые имеются в продаже обладают большими габаритами, не всегда поддерживают необходимые типы исследования, несут в себе множество неиспользуемых функций, которые напрямую влияют на стоимость оборудования.

Созданный прибор-стробоскоп на мультивибраторе повышенной стабильности с выдачей сигналов на светодиод, не нуждается в сложном программном обеспечении рабочего места - достаточно ноутбука.

Данный аппарат будет востребован во всех медицинских областях, особенно в рефлексотерапии. Этой работой интересуются так же для проверки состояния пилотов перед вылетом, спортсменов перед соревнованиями и т.п.

Модель фотометрических изображений летательных аппаратов

Бобрешов В.В.
Научный руководитель – Капустин В.И.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 212
vitaliy.bobreshov@mail.ru

Анализ содержания военных конфликтов XXI века показывает, что в рамках использования средств воздушного нападения закрепилась тенденция к увеличению доли высокоточного оружия в общем количестве боеприпасов, примененных в операциях. В этих условиях важнейшее значение принимает видовая разведка, которая позволяет с высокой вероятностью идентифицировать объекты поражения и в реальном времени давать целеуказания на их уничтожение средствами воздушного нападения.

Целью данной работы является разработка модели синтезирования фотометрических изображений летательных аппаратов исходя из условий ведения видовой фоторазведки (ФР).

Поверхность объектов сложной формы, составляющих сцену, содержащую источники информации и фон, может быть сколь угодно точно аппроксимирована системой плоских многоугольных диффузно отражающих элементов [1]. В качестве таких элементов удобно выбрать треугольники, являющиеся геометрически «жёсткими» фигурами. При данном подходе поверхность объектов задаётся следующими двумя списками. Список её узловых точек содержит информацию о номерах точек и их координатах в системе координат объекта и имеет следующий вид: $(i,xi,yi,zi),\ i = 1,2,\ldots,P0$, где i - номер точки; (xi,yi,zi) - её координаты в декартовой системе координат объекта (x,y,z); $P0$ - общее количество узловых точек на поверхности наблюдаемой сцены. Список треугольных элементов разбиения поверхности сцены содержит информацию о номерах треугольных элементов, номерах узловых точек, образующих вершины треугольного элемента, и коэффициент отражения элемента. Данный список имеет следующий вид:

$(k, p_1^k, p_2^k, p_3^k, \rho_k)$, $k = 1,2,\ldots,K0$, где k - номер треугольника; (p_1^k, p_2^k, p_3^k) – номера узловых точек, ρk - коэффициент диффузного отражения k - го треугольника; $K0$ - общее количество треугольных элементов, образующих поверхность наблюдаемой сцены. Номера вершин треугольного элемента отсчитываются против часовой, тем самым однозначно определяется направление нормали к внешней стороне поверхности сцены. Необходимые при синтезировании изображений объектов площади элементов разбиения поверхности сцены Sk, единичные векторы нормалей к ним $\vec{n}_k$ и радиус-векторы центров элементов $\vec{T}_k$ с использованием рассмотренных списков несложно рассчитать по следующим формулам:

$$S_k = \frac{1}{2}\left|\left[\vec{a}_k + \vec{b}_k\right]\right|, \quad \vec{n}_k = \frac{\left|\vec{a}_k \times \vec{b}_k\right|}{\left|\left[\vec{a}_k \times \vec{b}_k\right]\right|}, \quad \vec{T}_k = \begin{pmatrix} \frac{x_{p_1^k} + x_{p_2^k} + x_{p_3^k}}{3} \\ \frac{y_{p_1^k} + y_{p_2^k} + y_{p_3^k}}{3} \\ \frac{z_{p_1^k} + z_{p_2^k} + z_{p_3^k}}{3} \end{pmatrix}, \quad \vec{a}_k = \begin{pmatrix} x_{p_2^k} - x_{p_1^k} \\ y_{p_2^k} - y_{p_1^k} \\ z_{p_2^k} - z_{p_1^k} \end{pmatrix}, \quad \vec{b}_k = \begin{pmatrix} x_{p_3^k} - x_{p_1^k} \\ y_{p_3^k} - y_{p_1^k} \\ z_{p_3^k} - z_{p_1^k} \end{pmatrix},$$

где $\vec{a}_k, \vec{b}_k$ - векторы, образующие стороны k - го треугольного элемента.

Для задания пространственной ориентации объекта и направления его наблюдения удобно использовать следующие декартовые системы координат: земная система координат *(X, Y, Z)*; система координат наблюдаемой сцены (объекта) *(x, y, z)* и система координат изображения (наблюдателя) *(u, v, w).* Модель объекта описывается системами координат: земной, объекта и наблюдателя, списками узловых точек и треугольных фрагментов поверхности объекта и может использоваться для оценки возможностей видовой ФР.

Идентификация потенциально уязвимых устройства Интернета вещей

Богатырева Е.А., Куркин Я.И., Смирнова Ю.С.
Научные руководители – Епифанцев С.В., Сильнов Д.С.
Школа №1770, МИФИ
smekhovaxd@gmail.com

Internet of Things (IoT) – это концепция, которая появилась в 1999 году, но стала привлекать сегодня все больше и больше внимания. Главный постулат концепции – наличие в вычислительной сети физических предметов (то есть «вещей», «Things»), которые оснащаются встроенными технологиями для взаимодействия со средой или друг с другом. В IoT считается, что организация подобных сетей позволит полностью перестроить общественные и экономические процессы, исключить из них необходимость участия человека.

Начиналось все с датчиков, отправляющих измерения в режиме реального времени другим устройствам. Сейчас мы находимся в эпохе «Интернета вещей». Кратко её можно описать так: постоянное увеличение количества устройств, взаимодействующих не только с пользователями, но и друг с другом.

Существует множество проблем безопасности устройств Интернета вещей, наиболее актуальная из которых заключается в использовании паролей по умолчанию. Список логинов и паролей по умолчанию для различных типов устройств находится в открытом доступе. Очень многие устройства, от обычных принтеров до больших производственных систем контроля, подвержены данной проблеме. Чаще всего администраторы закрывают бреши в безопасности просто меняя все данные при вводе устройства в эксплуатацию, но иногда они просто пропускают этот шаг. Самый яркий пример – беспроводные маршрутизаторы. Как правило, эти устройства не защищены, так как пользователи не меняют пароль по умолчанию при их настройке.

Для того, чтобы подключиться к устройству, необходимо отправить запрос, например, по TELNET или SSH. TELNET широко используется системными и сетевыми администраторами, так как является одним из наиболее мощных инструментов для удаленного администрирования, позволяющий устанавливать связь из любой точки мира через сеть Интернет. Данные, передающиеся по TELNET, не зашифрованы, по этой причине существуют высокие риски, связанные с информационной безопасностью.

Главной целью данной работы является исследование IoT. Исследование заключалось в последовательном сканировании Интернета и последующей идентификации используемых умных вещей по полученным по протоколу TELNET приветственным сообщениям (баннерам). Было проанализировано около 15000 баннеров. Целью анализа было выявление наиболее популярных типов и определённых моделей используемых устройств. В результате исследования было выявлено, что самым распространённым классом устройств является маршрутизатор (10228 устройств, примерно 68% из обработанных сообщений). На втором месте – коммутатор (901 устройство), и на третьем месте – IP камера (458 устройств). В ходе исследования было обнаружено, что наименьшую долю устройств Интернета вещей, к которым можно подключиться по протоколу TELNET, составляют беспроводная точка доступа (224 устройства), коммуникационный сервер (192 устройства), принтер (43 устройства), регистратор аналоговых данных (25 устройств).

На данный момент исследования продолжаются. Полученные результаты имеют высокую практическую ценность, так как планируется использовать их для исследования и последующего предотвращения современных кибератак на устройства Интернета вещей.

Веб-сервис по оказанию информационных услуг при помощи ЕМП

Бондаренко Р.Н.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Черкай А.Д.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
rnikbond@gmail.com

На сегодняшний день большинство операций осуществляется при помощи интернета. Множество таких услуг реализовано посредством веб-сервисов. Почти каждая операция сопровождается информированием пользователя при помощи email, push или SMS уведомлений. Также такие уведомления удобны, когда необходимо проинформировать пользователя или клиента о чем-либо. Создание подобного веб-сервиса значительно упростит выполнение задач, связанных с оповещением.

Принцип работы

Для создания веб-сервиса, при помощи которого можно оповещать клиентов или пользователей, был создан веб-сайт. Чтоб воспользоваться услугами, пользователю необходимо пройти регистрацию. Корректность пользовательских данных проверяется автоматически системой, а их достоверность необходимо подтвердить. После подтверждения пользователь получает доступ к таким услугам, как: заказ документов, получение информационной справки в автоматическом режиме.

Данный веб-сервис предусматривает оповещение о чем-либо как одного пользователя, так и нескольких одновременно. Оповещение происходит при помощи рассылки сообщений на электронную почту и SMS уведомлений.

Возможность оповещения при помощи SMS была достигнута благодаря взаимодействию с ЕМП.

ЕМП (Единая мобильная платформа города Москвы) – это облачная платформа, обеспечивающая взаимодействие городских информационных систем и мобильных сервисов, предоставляемых в виде приложений или посредством SMS/USSD запросов.

Таким образом, пользователь, пройдя все вышеописанные пункты регистрации, получает доступ к реализованному сервису, а организация, которая использует эту систему, может в автоматизированном режиме оповещать пользователей. Это значительно экономит время обеих сторон.

Реализация веб-сервиса

Данный веб-сервис включает в себя:

- базу данных для хранения и пользования пользовательскими данными
- веб-страницу
- систему для взаимодействия с ЕМП для возможности рассылки SMS уведомлений.

Автоматическая обработка новых заказов была реализована при помощи создания фонового процесса.

Для достижения кроссплатформенности был выбран язык программирования Python.

Веб-страницы были реализованы на языках программирования HTML и CSS.

Программное обеспечение подготовки отчетности организаций на языке XBRL

Бондаренко Р.Н., Городилов В.А.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Черкай А.Д.
МАИ, каф «ПМИТЭТ»
vladislavgorodilov@gmail.com

XBRL - универсальный основанный на XML стандарт, предназначенный для публикации, обмена, анализа и сравнения финансовых данных и деловой информации. Цель создания XBRL – выработка оптимальной схемы обмена финансовой информации между участниками международного рынка и методов создания, обмена и сравнения деловой отчетности

Помимо стандартизации и улучшения сравнимости отчетности использование XBRL обеспечивает пользователям сокращение издержек, повышение точности и достоверности предоставляемой информации, а также возможность быстрого выборочного обмена финансовой информацией, который достигается за счет использования метаданных, определенных в таксономиях (метаданные – это информация о данных). С помощью XBRL любая информация о хозяйственных операциях и событиях вводится в систему только один раз, а затем может быть использована, проанализирована и представлена в любом формате, например:

- напечатанный пакет годовой отчетности;
- документы в формате HTML на веб - сайте компании;
- подача любых отчетов в государственные регулирующие или налоговые органы;
- файл в формате XML, который может быть переформатирован для целей любого анализа;
- другие специализированные форматы представления данных, например такие как отчеты о кредитоспособности дебиторов и контрагентов или специализированные пакеты для целей кредитования.

Интерактивность данных, обработанных с помощью XBRL и помеченных с помощью тегов (специальных программных меток), заключается в том, что все ключевые факты в таких больших документах, как годовая отчетность компании, могут быть мгновенно распознаны программным обеспечением и доведены в удобной форме до пользователя – инвестора или аналитика. Это позволяет пользователям извлекать из отчетности именно ту информацию, которую они ищут, и мгновенно сравнивать с результатами других компаний, оценивать эффективность работы компании по данному показателю в сравнении с прошлыми годами, со своей отраслью и т. д. Это достигается за счет того, что теги применяются не только к финансовой информации в формате денежных единиц, но и ко всем немонетарным данным, содержащимся в отчетности.

С помощью среды разработки Microsoft Visual Studio 2012 и языка программирования C# разработано программное обеспечение, позволяющее открывать и изменять отчеты на языке XBRL.

Разработанное ПО позволяет пользователям не вникать в организацию языка XBRL и XML, а использовать удобный интерфейс для просмотра отчета. Так же можно изменять статьи отчета и сохранять в файл.

В дальнейшем планируется расширение функционала данного программного обеспечения, а именно - разработка веб-версии, с возможностями ввода отчета предприятия и хранения его в базе данных в сети интернет, а также с функцией скачивания отчета из этой базы данных. В итоге планируется разработка программного комплекса, состоящего из двух частей: оконного приложения и веб-сайта.

Сегментация изображения в целях реализации технического зрения

Борозный А.А., Нода И.Д., Редько М.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
aleksander.borozny@yandex.ru

Технологический процесс в сфере улучшения качества изображения за последнее время достиг невиданных высот. Логичным ходом технологического развития стала передача роли наблюдателя компьютеру. Важной задачей технического зрения является программное обеспечение механизма выделения объекта на видео или фото. Цель данной работы – создать программный комплекс, позволяющий различать нужные объекты на фото. Перспектива использования данного комплекса многообразна: на автоматизированных заводах - для контроля качества, в охранных целях-поиск бандита в толпе, на автотрассах – для обнаружения аварий и т.д.

Важнейшими являются задачи оптимизации и увеличение вероятности самого распознания. Как правило, для анализа изображения требуется предварительное разделение пикселей изображения по определенным признакам-отклику пикселя по градиенту яркости. Процесс разделения изображения на множество пикселей называется сегментацией. Мы реализовали в нашем проекте механизм перебора пикселей.

Инструментом реализации выступили язык программирования “C++”, библиотека “WinApi” и среда разработки Visual Studio. Основная часть работы состоит в реализации программного обеспечения механизма сегментирования, обрабатывающего массивы пикселей, в виде которых представляется изображение.

В нашей работе были исследовали две проблемы: возможность усовершенствования алгоритмов сегментирования и вопрос оптимизации механизма нахождения искомого объекта на изображении. Первым пунктом было обнаружение перепадов яркости – брался каждый пиксель, определялся его градиент яркости, и уже в зависимости от него определялся цвет пикселя в обработанной версии изображения. Что позволило нам в конечном итоге прийти к получению контура объектов-сегментов. Фактически это можно сравнить с наложением фильтра на фотографию, но за кажущейся простой и скрывается ключевой момент нашего проекта.

Следующим нашим шагом требуется организовать уже сам поиск объекта (сегмента) на изображении. Для этого фотография искомого объекта так же обрабатывалась для выявления контуров. Дальше начинается поиск одного массива в другом, с учетом некоторой размытости контуров. В результате мы выделяем искомый объект на поданном изображении. Нельзя не отметить узкую специализацию нашего метода. Он требует, чтобы искомый объект был представлен в том же виде что и на искомом изображение, то есть не допускается сильное различие углов, под которыми представляется объект на изображениях, а также требуется избегать сильного различия в яркости между искомым и подаваемым изображениями.

В дальнейшем планируется расширить функционал данного приложения и усовершенствовать его. В настоящее время программа проходит тестирование на кафедре «Прикладная математика, информационные технологии и электротехника».

Организация электронно-цифровой подписи на основе эллиптических кривых

Ботолов Н.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
nik-botolov@yandex.ru

Электронно-цифровая подпись (ЭЦП) – реквизит электронного документа, полученный в результате криптографического преобразования информации с использованием закрытого ключа подписи и позволяющий проверить отсутствие искажения информации в электронном документе с момента формирования подписи (целостность), принадлежность подписи владельцу сертификата ключа подписи (авторство), а в случае успешной проверки подтвердить факт подписания электронного документа (неотказуемость). На сегодняшний день ЭЦП в большей мере используется в работе юридических лиц. Особенно ее применение актуально для организаций, имеющих большое количество подразделений или заключающих сделки с контрагентами, находящимися от них на большом расстоянии. Также есть ряд сфер, где ЭЦП пригодиться и физическим лицам:

Получение государственных услуг через интернет.

Подача заявления для поступления в вуз.

Официальное оформление документов при работе на дому и получении заказов через интернет и др.

Такие подписи требуют высокого уровня защиты, которую может предоставить создание ЭЦП с использованием эллиптических кривых, т.е. обращение к эллиптической криптографии, особенность которой заключается в том, что на сегодняшний день не известно существование субэкспоненциальных алгоритмов решения задач дискретного логарифмирования. В связи с этим было принято решение изучить, как происходит при данном способе формирование подписи, т.е. реализовать проект, формирующий ЭЦП на эллиптических кривых и оценить его удобство в использовании.

При разработке данного проекта были решены такие задачи, как определить преимущества использования эллиптических кривых при создании подписи по сравнению с другими способами, выбрать кривую, на основе которой будет создана ЭЦП. Также была написана программа, работающая с точками эллиптической кривой с использованием методов, эффективных по занимаемой памяти и затратам по времени и непосредственно создающую саму подпись. Все это сделано с удобным для пользователя интерфейсом. Для этого был выбран язык программирования C# из-за его современности и удобства при использовании в разработке. В перспективе этот проект можно будет использовать для обеспечения безопасности и достоверности информации на уровне физических лиц.

Необходимость моделирования информационных систем, процессов и данных при создании инструментов автоматического анализа текста

Бочарова Р.Р.
Научный руководитель – к.т.н. Полицына Е.В.
МАИ, каф. ПВК
regina_bocharova@mail.ru

Результат компьютерной революции второй половины XX века затронул все стороны жизни человека. На сегодняшний день разработка программного обеспечения - крупнейшая отрасль компьютерной индустрии. Процесс разработки программного обеспечения сложен, разнообразен и требует огромных трудовых, временных ресурсов.

Одним из важнейших этапов в жизненном цикле разработки программных комплексов является этап анализа и проектирования. На каждом из этих этапов важным является построение моделей как предприятия или области применения, так и самой системы с различных точек зрения. С помощью модели можно посмотреть на систему или

программный комплекс с различных точек зрения для автоматизации процессов, их оптимизации, улучшения работы существующих инструментов.

Моделирование информационных систем стало особенно популярным в XXI веке в связи с их укрупнением: увеличением автоматизируемых процессов, потоков данных и т.д. Без применения методов моделирования невозможно представить себе такие виды деятельности как разработка больших технических систем и управление ими или анализ сложных социальных и экономических процессов. Самым важным предназначением моделирования является его применение при изучении и прогнозировании поведения сложных процессов и явлений. Существует множество различных методологий моделирования, от моделирования бизнес-процессов до моделирования потоков данных. Более востребованными являются такие методологии, как IDEF0(3), ARIS, DFD, методология ORACLE, цветные сети Петри, ***Role Activity Diagram*** (диаграмма ролей) и язык UML. Инструментов для моделирования существует большое количество, они предоставляют возможность рассмотрения моделируемой системы с нужной точки зрения в зависимости от поставленной задачи.

Большие потоки данных, с которыми приходится постоянно работать человеку, привели к необходимости практического применения различных средств автоматического анализа текстовой, звуковой, графической информации. В основе инструментов автоматического анализа текстов, звука и графической информации лежат сложные алгоритмы для обработки плохо структурированных и слабо поддающихся формализации данных, что существенно затрудняет их использование на практике.

Для решения задач распознавания, представления и обработки информации о тексте на естественном языке, голосовом сигнале, видеопотоке и т. д. не одно десятилетие проводятся исследования, создаются новые подходы и алгоритмы, но в большинстве случаев на их основе реализуются только экспериментальные системы, работающие в ограниченных условиях, или инструменты для узкого круга пользователей.

При создании программных продуктов автоматического анализа текстов, обработки звука, распознавания графической информации для массового пользователя особую роль играют вопросы оптимизации процессов, алгоритмов, взаимодействия компонентов системы между собой, интерфейс пользователя и т.д..

Моделирование информационных потоков и процессов в таких системах, как на стадии их разработки, так и в процессе развития, дает возможность применения результатов научных исследований и экспериментов, новых алгоритмов, методов, технологий в промышленных программных системах.

Пути реализации систем профессиональной подвижной связи с использованием технологии LTE

Поскакухин В.Н.[1], Брильков Р.В.[2]
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Труфанов С.В.[2]
[1]ФГУП НИИР, [2]АО «МНИРТИ»
trufanov2003@list.ru

Внедрение в системах профессиональной подвижной связи полноценных широкополосных услуг по передаче данных, как и массовое использование высокоскоростных сервисов, требует перехода к сетям мобильного широкополосного доступа.

Необходимо определить потребности в дополнительном радиочастотном ресурсе для широкополосных сетей профессиональной подвижной радиосвязи с учетом возможности обеспечения такими сетями требуемой пропускной способности. В Европе была установлена потребность в радиочастотном спектре для систем широкополосной профессиональной подвижной связи в размере 2×10 МГц.

Для удовлетворения потребностей в отдельном радиочастотном ресурсе в настоящее время разработка оборудования LTE PPDR (Public Protection and Disaster Relief - обеспечение безопасности и оказание помощи при бедствиях) в первую очередь ориентирована на диапазон 700 МГц, который рассматривается для использования сетями

PPDR в США. В странах Европы, где пока не решены проблемы вывода ТВ вещания из полосы частот 694-790 МГц, для внедрения сетей LTE PPDR также рассматривается и полоса частот 380-470 МГц.

В Российской Федерации частотный диапазон 700 МГц в настоящее время занят РЭС ВРНС (воздушная радионавигационная служба) и развивающимися сетями цифрового телевизионного вещания, что делает затруднительным его использование для сетей LTE как общего пользования, так и для профессиональной подвижной радиосвязи. Более того, для обширной территории Российской Федерации использование более низкого диапазона 400 МГц является более предпочтительным для обеспечения экономически выгодного покрытия. Сложность реализации такого подхода в целях частотного обеспечения перспективных потребностей PPDR следует из занятости большей части полос частотного плана LTE450 действующим коммерческим оператором, а также частичного пересечения с полосами частот узкополосной радиосвязи МВД России. Однако использование диапазона 450 МГц для сетей общего пользования на данный момент является малоперспективным из-за отсутствия поддержки со стороны производителей массовых абонентских терминалов LTE, в результате чего данный спектр может быть переориентирован для использования в сетях профессиональной подвижной радиосвязи. При этом может использоваться только часть частотного плана, например 2×3 МГц. Проблема пересечения с полосами частот МВД России может быть решена путем перехода, в том числе, и данного ведомства на сети LTE450, если будет принято соответствующее решение.

Альтернативным решением по удовлетворению потребностей в радиочастотном ресурсе широкополосных сетей профессиональной подвижной радиосвязи является использование коммерческих сетей LTE. При этом отмечается необходимость выполнения ряда мер, основными из которых являются:

1. В первую очередь, должен быть разработан механизм, предусматривающий ограничение работы коммерческих операторов по обслуживанию своих абонентов в пользу обеспечения сервисами и услугами критически важных пользователей сети по обеспечению общественной безопасности.

2. С целью обеспечения более жестких требований, должны быть подвергнуты доработке все уровни коммерческой сети: от сети радиодоступа до опорной сети, для обеспечения 99% готовности с точностью «пять девяток». Для целей и задач критически важных услуг необходимо расширение покрытия сети, как площадное, так и покрытие внутри зданий на согласованной территории.

Возможно несколько вариантов использования сетей коммерческих операторов для профессиональной радиосвязи, от обычных контрактов для крупных корпоративных клиентов до формирования MVNO операторов для ведомств на сетях обычных операторов. Фактически модель Full-MVNO подразумевает создание полной инфраструктуры ядра сети для контроля абонентов и управления их трафиком, а сети коммерческих операторов играют только роль инфраструктуры для обеспечения радиопокрытия. Причем ведомство может решить использовать сети всех операторов для расширения покрытия и увеличения надежности.

Разработка бортового сервера данных на базе интегральной модульной авионики

Брусникин П.М., Дудкин С.О., Копылов И.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Неретин Е.С.
МАИ, каф. 301, 705Б
serjdudkin@gmail.com

Современные комплексы бортового оборудования (КБО) включают в себя системы, требующие хранения и обработки больших объемов информации на борту самолёта. При этом необходимо обеспечивать доступ к информации в реальном времени.

В частности, к числу таких систем относятся система самолётовождения (ССВ) и система бортового технического обслуживания (БСТО), базы данных которых могут занимать до 100 Гб каждая. На существующих образцах отечественной авиационной

техники, КБО которых выполнен по федеративной архитектуре (один вычислитель – одна функция), данные системы реализованы на отдельных вычислителях, на которых и хранятся данные. Перспективная архитектура построения КБО, основанная на концепции интегральной модульной авионики (ИМА), реализует несколько систем как функциональные приложения на базе единого мощного интегрального вычислителя (ИВ), что позволяет сократить затраты на разработку и её сроки, уменьшить вес и объем авионики и обеспечивает более высокую степень надежности.

ИВ не может хранить объёмные базы данных, к тому же он не может поддерживать ПО, уровень гарантии проектирования которого ниже, чем «А» в соответствии с DO-178B/C. Однако, КБО должен выполнять «небезопасные» функции, например, связь с наземными службами по Wi-Fi или USB.

Работа посвящена разработке бортового сервера данных (БСД) в соответствии с концепцией интегральной модульной авионики для гражданской авиационной техники.

БСД – это вычислительная платформа сервера данных, представляющая собой резервированный вычислительный ресурс с открытой архитектурой, обеспечивающий выполнение нескольких независимых функциональных приложений и взаимодействие с бортовым оборудованием по интерфейсам AFDX, USB, Ethernet, RS-232.

Основные функции, выполняемые БСД, – это хранение баз данных (БД) систем БСТО и ССВ, поддержка систем управления базами данных (СУБД) для этих БД и предоставление доступа к ним по запросам функциональных приложений в составе КБО. Помимо этого, на сервере возможна поддержка любых других СУБД и функциональных приложений, уровень гарантии проектирования которых не ниже «С» по DO-178B/C.

В рамках данной работы разработаны структурная схема, архитектура и требования системного уровня для системы БСД. На основе сформулированных требований разработана система БСД в соответствии с концепцией интегральной модульной авионики, входящая в комплекс радиоэлектронного оборудования среднемагистрального пассажирского самолёта МС-21, выполняющая вышеизложенные функции.

Список использованных источников

1. DO-178B Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification. – RTCA, Inc. – The USA: Washington, DC. – 1992. – 112 p.

18. DO-178C Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification. – RTCA, Inc. – The USA: Washington, DC. – 2011. – 144 p.

Использование системы определения тональности в мониторинге потребительских отзывов

Рыжов А.А., Булыгин А.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Чернышов Л.Н.
МАИ, каф. 802
ucheba8fac@gmail.com

Одним из важнейших направлений работы любой технологической компании является маркетинг и продвижение продукции. После запуска продукта необходимо своевременно отслеживать реакцию потребителей, отзывы специализированных СМИ. Своевременное обнаружение недочетов позволяет вовремя исправлять существующие проблемы и реагировать на отзывы потребителей. Для автоматизации данных процессов была разработана система определения мнений. Она предназначена для работы с текстами новостных статей на русском языке.

Система состоит из несколько основных компонентов, которые позволяют делать полный семантический разбор текста и выбирать релевантные части, содержащие тональность по отношению к заданному объекту (персона, компания). Задание объекта является опциональным. Работа системы основана на собранных тональных словарях и правилах. Данный подход является наиболее рациональным, так как позволяет находить конкретную часть текста содержащее мнение, а не давать общую оценку тональности текста, так как в некоторой статье могут подниматься различные темы, имеющие разные тональные оценки.

После обработки некоторого текста, система возвращает список элементов, содержащих тональность. Каждый элемент содержит предложение, содержащее тональную часть, само словосочетание, несущее мнение, и список слов, являющихся маркерами тональности.

Система долгое время проходила тестирование и доработку. Для тестирования использовались заранее вручную размеченные корпуса новостей из различных источников. Также для возможного использования системы для мониторинга комментариев социальных сетей, проводилась прогонка системы на корпусах сообщений социальной сети Twitter.

Само по себе применение только одной системы определения тональности затруднительно. Необходимо собирать новостные тексты с различных источников, обрабатывать и хранить результаты. На данный момент система является частью более крупного проекта по сбору и анализу информации из открытых источников. Её использование в полноценной системе мониторинга СМИ позволило строить более полные статистические модели по разным группам данных. Данные разработки могут быть полезны предприятиям ОПК для анализа рынков и определения отношения к их продукции различных зарубежных обозревателей.

О возможности интеллектуализации процесса защиты беспроводной сети от несанкционированного доступа

Бурлов В.Г., Калатур Н.П.
РГГМУ, ИТиСБ.
n777ikos@yandex.ru

В настоящее время широкое распространение получили Wi-Fi сети, а вместе с ними и их защита [1]. Для обеспечения безопасности сети возможно использование моделирования основных процессов. Моделирование позволяет рационально распределять имеющиеся ресурсы для защиты сети от несанкционированного доступа (НСД). В качестве основных уязвимостей Wi-Fi сети выступают получение доступа к устройству, находящемуся в сети, получение доступа к сетевому маршрутизатору и перехват пакетов с целью анализа и дальнейшего получения пароля.

Интеллектуализация основана на моделировании деятельности человека по обеспечению информационной безопасности (ИБ). Решение – основа деятельности человека. Разработка адекватной модели решения человека позволяет интеллектуализировать процесс обеспечения ИБ. Для решения комплекса задач обеспечения ИБ необходимо разработать теорию. Правильно построенная теория имеет три уровня, три составляющих [2,3]. Методология. Методы. Технология. Рассмотрена диалектика развития социальной, экономической, технико-технологической систем и их влияние на процессы обеспечения ИБ WI-FI сети. Показано, что обеспечение ИБ основано на математической модели решение человека. Выявлены механизмы обеспечения ИБ WI-FI сети. Обоснована методология разработки методики обеспечения ИБ WI-FI сети. Методология основана на законе сохранения целостности объекта [1]. Разработана аналитическая динамическая модель обеспечения ИБ WI-FI сети. Установлены причинно-следственных связей между базовыми процессами обеспечения ИБ WI-FI сети. Процесс образование угрозы. Процесс идентификации угрозы. Процесс нейтрализации угрозы [3,4]. В основу модели положена математическая модель решения человека. Показаны возможности модели для интеллектуализации процесса обеспечения ИБ WI-FI сети. Разработаны механизмы реализации условия существования процесса обеспечения ИБ WI-FI сети на основе сетевых моделей [4]. Показаны возможности сетевого моделирования, которое позволяет увязывать временные интервалы и состояния базовых процессов деятельности с критическим временем и состояниями сетевых моделей [4]. Разработана методика реализации математической модели решения человека для управления процессом обеспечения ИБ WI-FI сети. Процесс появления проблемы опирается на уязвимости, т.к. действия злоумышленника ограничены возможностями, получаемыми при эксплуатировании этих уязвимостей. Процессы идентификации

проблемы и нейтрализации проблемы опираются на имеющиеся в распоряжении отдела защиты технические и человеческие ресурсы. Основной характеристикой каждой модели является время. Основной задачей при построении моделей является сведение времени идентификации и нейтрализации угрозы по возможности к минимуму [5]. Для оптимизации временных интервалов, необходимых для проведения работ, производятся расчеты ранних и поздних наступления событий, резерв времени и полный резерв времени. Наличие резервов позволяет перераспределить технические и человеческие ресурсы, что способствует ускорению процессов идентификации и нейтрализации проблемы, что в свою очередь повысит уровень защищенности системы.

Литература

1. Владимиров А., Гавриленко В., Михайловский А WI-FI: «боевые» приемы взлома и защиты беспроводных сетей. – М. : Пресс, 2005 год – 463 с.

2. Бурлов В.Г. О концепции гарантированного управления устойчивым развитием Арктической зоны на основе решения обратной задачи.// Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2015. № 2 (16). С. 99-111

3. Бурлов В.Г., Лепёшкин О.М. Моделирование процесса управления на основе теории радикалов //Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. № 3. С. 54-61.

4. Burlov V.G., Grobitski A.M. Development of a Model for Social System Management in the Construction Process Taking into Account Manager's Qualification// Humanities & Science University Journal. №15 (2015), Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russia.2015, pp.25-36.

5. Бурлов В.Г. Синтез модели управления информационной безопасностью. В сборнике: Информационные управляющие системы и технологии. Материалы IV Международной научно-практической конференции (ИУСТ-ОДЕССА-2015). 2015. С. 147-150.

Применение SCADA-технологий в системе автоматизации производства алюминия хлоргидрата

Бурыгин А.О.
Научный руководитель – доцент Филимонов А.Б.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
g.t.m.p@ya.ru

Алюминий хлоргидрат предназначен для использования при подготовке вод хозбытового и технического назначения в процессе коагуляции, которая представляет собой объединение мелких частиц дисперсных систем в более крупные под влиянием сил сцепления с образованием коагуляционных структур.

Автоматизация производства происходит путем внедрения SCADA-систем, что позволяет решить проблемы программной стыковки различных устройств системы управления. Для связи SCADA-системы с контроллерами используют OPC сервера. Технология OPC была разработана для унификации механизмов взаимодействия программного обеспечения систем управления с аппаратурой этих систем. В рамках этой технологии OPC-серверы собирают данные от контроллеров и предоставляют их OPC-клиентам (например, SCADA-системам). В данной работе в качестве OPC технологии используется протокол OPC UA (Unified Architecture) из-за его максимальной скорости работы и минимального потребления ресурсов, в виду отсутствия парсинга из XML, SOAP и HTTP.

Решается задача автоматического управления за двумя основными параметрами химической системы: температуры реактора и кислотность выходного вещества (используя pH-метр). Система автоматизации представляет собой структуру состоящую из следующих компонентов: ARM 5PC910.SX02-00 производства компании B&R, контроллеры X20 CP3586, сети класса Fieldbus, датчики температуры и pH-метры. Результатом работы над проектом стал программный продукт, основанный на SCADA-системе MarsterScada, представляющий собой локальный сервер, работающий в режиме с полными правами доступа, где по протоколу Ethernet данные передаются с контроллеров

на сервер; два клиента подключенный к OPC UA локальному серверу, описанному выше, с правами только для чтения. Также присутствует система архивирования данных и дальнейшее сохранение архива на сервер.

Приложение проходит тестирование и доработку на базе лаборатории кафедры АТК-МАИ «Прикладная математика и информационные технологии»

Библиографический список:

1. Смилянский Г. Л. Справочник проектировщика АСУТП. -М: Машиностроение, 2012 г. -584с

19. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП. Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. 2-е изд., В 2 т. –М: Инфра-Инженерия, 2008 г. - 448 с

Многоспектральная оптико-электронная система на подвижной платформе

Бусурин В.И., Черняков И.Е.
МАИ, каф. 301
wpwolf@mail.ru

Контроль текущей обстановки на заданной территории является актуальной задачей, направленной на детектирование живых объектов и техники. Вероятность обнаружения в сложных метеоусловиях значительно повышается при использовании современных высокотехнических средств, улучшающих восприятие окружающей обстановки. Для решения таких задач разработана многоспектральная оптико-электронная система на подвижной платформе. В качестве информации, поступающей на обработку, система использует данные с тепловизионного и телевизионного оптико-электронных датчиков.

На основе анализа принципов обнаружения, сегментации, распознавания и идентификации объектов различных типов и характеристик фото и видео материалов тепловизионного и телевизионного спектров изображений объектов разработан алгоритм обработки «грубо-точной» информации при обнаружении объектов, в котором используется разделение этапов процесса обработки информации о тепловизионном и телевизионном изображениях. Задачи обнаружения, сегментации, распознавания и идентификации последовательно разделены на попеременный анализ данных от тепловизионного и от телевизионного датчиков.

Процедура контроля территорий разбивается на обнаружение, распознавание и идентификация. На этапе обнаружения производится первичный прием данных от тепловизионного датчика, который позволяет обнаружить присутствие объекта на больших расстояниях в сложных метеоусловиях, ограничивающих применение телевизионного датчика. Однако первичная тепловизионная информация является достаточно грубой и не позволяет произвести распознавание и идентификацию объекта. После анализа тепловизионных данных в случае обнаружения и сегментации объекта определяется направление движения подвижной платформы, которая перемещает оптико-электронную систему по направлению к объекту на расстояние, позволяющее произвести распознавание и идентификацию объекта в телевизионном спектре. Если анализ телевизионного спектра показывает достаточную освещенность, контрастность текстур и площадь изображения объекта для распознавания, то система приступает к распознаванию, а затем к идентификации без дальнейшего перемещения подвижной платформы. На этапе распознавания система относит обнаруженный объект к определённому классу объектов, а на этапе идентификации формируются индивидуальные характеристики объекта. Разработаны и реализованы алгоритмы формирования управляющих сигналов, обеспечивающих перемещение платформы мультикоптерного типа.

Для сокращения времени обработки информации от тепловизионного датчика произведена оптимизация процессов обнаружения, сегментации, распознавания и идентификации. Разработаны алгоритмы предварительной фильтрации тепловизионных изображений на базе преобразования Фурье и краевой фильтрации.

Для отладки алгоритмов распознавания и управления разработан прототип подвижной оптико-электронной системы с использованием смартфона на операционной системе Android. В качестве датчика окружающей обстановки использовалось дополнение к смартфону тепловизор Flir One, объединяющий телевизионные и тепловизионные каналы. В качестве подвижной платформы для оптико-электронной системы использован квадрокоптер DJI Inspire 1.

Разработанные алгоритмы, загруженные в смартфон, позволили производить контроль заданной территории на основе анализа видеорядов в тепловизионном и телевизионном каналах в режиме реального времени.

Применение дополненной реальности в испытаниях ЛА

Быстрянский А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Белкин А.А.
МАИ, каф. ИЛА
kira956@yandex.ru

Дополненная реальность (augmented reality, AR) – это технология, накладывающая смоделированные компьютером слои на воспринимаемую человеком реальность. Слои могут включать в себя, как трехмерные модели объектов, так и простое наложение графики.Также возможно наложение аудиоинформации.

Дополненная реальность уже применятся в повседневной жизни. С ее помощью во время трансляций спортивных событий на экране появляются дополнительные элементы: такие как счет, имена спортсменов, турнирные таблицы, траектории движения объектов и т.п. В современной авиации эта технология позволяет вывести на визир шлема пилота все данные первичной важности.

Трансляция запуска Прогресса МС05 так же проводилась с применением дополненной реальности. На экране помимо самой ракеты можно было увидеть такие данные как: высоту и время полета, скорость и вектор направления ракеты, испытываемую перегрузку и так далее. Отдельно стоит отметить отображение этапов полетов. В нижней части экрана отображались события и время. Например: отделение 1-й ступени на 118,78с.

Возможным представляется использование дополненной реальности при испытаниях. Эта технология позволит отображать необходимые для оператора параметры. Помимо простых показаний с датчиков возможно, например отображение температурной карты на объекте испытаний. Или же выделение цветом деталей, которые вышли за пределы рабочей температуры. Отображение количества жидкости в баке, небезопасную зону во время испытаний, и тому подобное. Безусловно, это не та технология, без которой нельзя обойтись, в некоторых видах испытания дополненную реальность просто не получится применить из-за высоких скоростей протекания процессов в испытываемом объекте (взрывные испытания). Однако ее применение облегчит работу оператору, позволит более наглядно представить процесс испытаний для сторонних наблюдателей, поможет уменьшить количество аварийных ситуаций. Более того, если совместить математическую модель объекта испытаний и дополненную реальность, то такая система будет заранее предупреждать о возможности возникновения неполадок.

На кафедре ИЛА планируется внедрение дополненной реальности в учебный винтомоторный стенд. Предложено синтезировать и отображать несколько слоев дополненной реальности. На 1-й слой будут выведены показания датчиков. На 2-м отображена степень загруженности двигателя. Чем выше нагрузка на двигатель, тем ярче он будет подсвечен. На 3-м слое окрашивается опасная область вокруг рабочей зоны стенда и отображается направление и численное значение вектора тяги винтомоторной группы.

Демонстрация испытаний на винтомоторном стенде с применением элементов дополненной реальности имеет целью повысить качество учебного процесса и увеличить заинтересованность студентов начальных курсов при изучении компьютерных дисциплин.

Задача балансировки потоков данных в программно-конфигурируемых сетях

Бышов В.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Перепелкин Д.А.
РГРТУ, каф. САПР ВС
b.v.s.12@yandex.ru

В настоящее время увеличивается количество сетевых устройств, реализующих передачу различных видов данных. Все это меняет вид компьютерных сетей (КС) и ведет к усложнению функций управления потоками данных и не позволяет обеспечить требуемое качество сетевых сервисов (Quality of Service, QoS). Ответом на кризис КС стало появление принципиально нового подхода к их построению – программно-конфигурируемые сети (ПКС).

ПКС – обобщающее понятие, охватывающее несколько видов сетевых технологий, нацеленное на создание быстродействующей и гибкой сети. Цель ПКС состоит в том, чтобы позволить сетевым инженерам и администраторам быстро реагировать на изменяющиеся требования качества сервиса в зависимости от той и или иной ситуации. В ПКС администратор сети может регулировать сетевой трафик с помощью программных приложений для управляющего контроллера. Ключевые возможности применения ПКС – функциональное разделение уровней передачи и управления данными, виртуализация сети, автоматизация через программные приложения для OpenFlow контроллера.

Первоначально, технология ПКС фокусировалась только на разделении плоскости управления от плоскости данных сети. В ПКС правила пакетной обработки данных перенесены из коммутатора в контроллер. По мере необходимости коммутаторы запрашивают правила обработки пакетов у контроллера и предоставляют ему информацию обо всех сетевых характеристиках в ПКС. Контроллер и коммутаторы обмениваются служебной информацией через безопасный консольный интерфейс Secure Link (SL). В ПКС администратор сети может изменить правила работы любого коммутатора в сети: передать или заблокировать определенные типы пакетов данных. Это особенно полезно в архитектуре облачных систем обработки и хранения данных, так как администратор должен управлять загрузками каналов связи. Концепция ПКС позволяет уменьшить затраты на закупку дорогостоящего сетевого оборудования и повысить контроль за передачей различных видов трафика с обеспечением требуемого QoS. В связи с этим разработка новых методов и алгоритмов динамического управления потоками данных в ПКС является актуальной и важной задачей.

Целью работы является разработка концептуального подхода динамической балансировки потоков данных в ПКС с обеспечением QoS различных сетевых приложений. Для реализации данного подхода разработаны алгоритм и программное приложение для контроллера ПКС, позволяющие управлять различными потоками данных и выполнять балансировку с обеспечением требуемого качества сервиса.

Разработка приложения для визуализации данных с датчиков системы интеллектуального здания

Вайнштейн В.Л.
Научный руководитель – Николаев П.Л.
МАИ, каф. СМиИГ
smig@mati.ru

Интеллектуальным зданием принято называть современные здания, оснащенные автоматизированной системой управления и мониторинга различных систем здания.

При проектировании любого интеллектуального здания всегда есть необходимость в установке различных датчиков, поскольку с их помощью можно определить, в каком состоянии находятся те или иные объекты этого здания.

Датчики предназначены для преобразования измерительной информации в сигнальную, которую можно передавать, хранить и обрабатывать.

Датчики могут быть инициирующими устройствами, приводящими в действие аппаратуру или программу. Показания датчиков в автоматизированных системах, как правило, записываются на устройство памяти для хранения, обработки, анализа и вывода.

Для записи, и последующей обработки показаний датчиков умного дома было разработано программное обеспечение «Сетевые датчики». Программа имеет клиент-серверную архитектуру: датчики соединены с сервером, на котором работает серверная часть, в задачи которой входит принимать информацию с датчиков, хранить их определенное время и передавать подключившимся клиентам. Клиентская часть программы представляет собой кроссплатформенную систему визуализации, которая может подключаться к серверу, получать с него информацию, и на ее основе строить графики и анализировать работу датчиков. Программное обеспечение может использоваться для сигнализации о неприемлемом уровне показания датчика. Пользователь может настраивать максимальные и минимальные критические пороги показаний для каждого отдельного датчика в системе.

Клиентская часть написана на языке высокого уровня Java, что позволяет без проблем запускать ее на любой современной операционной системе персонального компьютера, будь то Windows, Linux или macOS.

Для защиты от несанкционированного доступа используется система аутентификации пользователя. Доступ осуществляется по IP адресу сервера и паролю, который задается проектировщиком.

Данные, полученные таким способом, очень важны для работы интеллектуального здания. Их можно использовать для контроля и учета различных параметров, для прогнозирования каких-либо событий, в случае если здание спроектировано не идеально, анализ данных с датчиков может помочь понять, что не так, чтобы пребывание в здании было максимально комфортно и безопасно для человека.

Количественный атрибут материальной субстанции или теория больших данных

Вакурин А.О.
Научный руководитель – доцент, к.к. Попей-оол С.К.
МАИ, каф. ФиСК
aovakur@yandex.ru

В современной философии категория материи занимает центральное место. Следовательно, всю естественно-научную философию можно назвать философией материи, так как она анализирует наиболее общие закономерности материи.

Если возникновение философского учения о материи связывают с античной древностью, то её научное постижение начинается с момента возникновения физико-химической атомистики. Следующий этап начинается с использованием IT технологий, позволивших анализировать большие данные для обнаружения новых неочевидных знаний.

Современная метафизика материи, вещества и электромагнитных сил может быть подвергнута цифровой обработке. Количество данных может исчисляться в 40 зеттабайт (или $40* 10^{21}$ степени). Все пляжи земли содержат семь квинтильонов пять квадриллионов песчинок. А это в 57 раз больше количества песка на всех пляжах планеты.

К концу XXI века объем информации превысит 4,22 йоттабайт (или $4,22*10^{24}$ степени). А объем интернет-трафика перешел уже отметку в один зеттабайт и через пару лет составит несколько зетттабайт.

Если количество данных возрастает в геометрической прогрессии, то количество выдаваемых пользователю информации пропорционально уменьшается. Большинство современных российских учреждений работают с объемом не более 100 терабайт, и только 13% из них апеллируют объемами информации выше 500 терабайт (500 терабайт – это 500 жестких дисков по 1 терабайту, что составляет объем жестких дисков средней компании).

Сейчас методами Big Data обрабатываются данные чуть меньше 3% из 23% от всей полезной информации мира. К ним относятся анализ с помощью искусственных нейронных сетей, методы data meaning, машинное обучение (machine learning),

пространственный анализ, аналитика прогнозов, моделирование и интеграция данных из различных источников и т.д.

В качестве базового принципа обработки данных указывается горизонтальная масштабируемость, когда данные распределяются на сотни и тысячи вычислительных узлов. Применяются средства NoSQL, MapReduce, Hadoop, язык программирования R для статической обработки данных и работы с ними, Business Intelligence – обработка информации в осмысленную форму, и ряд других аппаратных решений.

Сегодня один из самых интересных методов анализа данных является искусственная нейронная сеть. Она организуется по принципу нейронных клеток живого организма. Иерархическая сеть нейронов объединяет работу нейронов высокого уровня с нейронами низкого порядка. Каждый нейрон получает информацию, производит над ней простые вычисления и передает ее дальше. Сигналы или значения, которые передаются на уровень выше усиливаются или изменяются в зависимости от весов, которые приписываются межнейронным связям. После завершения одной эпохи вычисляется единственная усредненная оценка и сеть модифицируется в соответствии с этой ошибкой. Для примера мы можем использовать такие нейросетевые системы, как NeuroShell (Ward Systems Group), BrainMaker (CSS) и OWL (HyperLogic). В них пользователь может задать данные в числовом, символьном виде и в виде изображения.

С уверенностью можно сказать, что область применения и полезность анализа больших данных практически безгранична: начиная от коммерческих компаний, медицины, образования, банкинга, финансов.

Понимание и знание о материи не сводится к формам вещества и электромагнитного поля. На самом деле существует множество форм материи. А атрибутом субстанции – такое необходимое сущностное свойство, которое выражает специфику материальной субстанции. Одна из которых вычисляется с помощью теории больших цифр.

Обеспечение функциональной устойчивости бортовых интегрированных вычислительных систем

Васильев С.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Демчук В.А.
ВУНС ВВС «ВВА», каф. 92
stanislav-vas1986@mail.ru

Достижения последних лет, связанных с развитием микроэлектроники и элементной базы в частности, определили перспективные направления развития в отрасли самолето- и вертолетостроения. Возможности современных цифровых вычислителей, измерителей, индикаторов, а также высокоскоростных каналов передачи данных позволяют формировать архитектуру бортового радиоэлектронного оборудования летательного аппарата (ЛА) по принципу интегрированной вычислительной системы (ИВС). При этом ИВС представляет собой некоторое масштабируемое множество аппаратно-программных средств (АПС), распределенных по функциональным модулям и образующих единую вычислительную платформу для выполнения определенного набора функций.

Функционирование ИВС в реальных условиях сопряжено с возникновением отказов тех или иных модулей, вызванных дестабилизирующими воздействиями. При этом отказ отдельного модуля ИВС может привести как к полному отказу системы, так и функционированию в режиме частичной работоспособности, возможном за счет перераспределения функций отказавшего модуля между исправными модулями системы. Одной из возможных реакций системы на отказ является функциональная реконфигурация, а свойство системы сохранять способность выполнения возложенных на нее функций с требуемым качеством в условиях функциональных отказов трактуется как функциональная устойчивость. Задача реконфигурации ИВС в полете требует непрерывного мониторинга состояния системы и принятия решения о выборе оптимальной структуры ИВС по известному правилу. Возможности системы на

реконфигурацию напрямую определяют безопасность ее функционирования и качество выполнения задач в целом. Указанные возможности определяются избыточным ресурсом, имеющимся в распоряжении системы на момент возникновения отказа. Таким образом, задача оптимального (рационального) структурного синтеза ИВС на стадии проектирования при наличии ограничений на используемые ресурсы является в полной мере актуальной. В статье рассматривается алгоритм оптимального распределения ресурсов в ИВС ЛА на стадии проектирования, обеспечивающий максимальный уровень функциональной устойчивости системы при отказах в условиях эксплуатации.

Результаты численных исследований алгоритма указывают на возможность нахождения такой структуры ИВС, определяемой выделенным составом АПС, для которой будет выполняться условие максимума качества реализации набора внешних функций. Особенностями предлагаемого алгоритма является наличие процедуры определения целевой функции в условиях деградации системы, а также возможность учета логических связей между модулями. Итоговое принятие решения осуществляется по выбранному критерию, позволяющему проектировать систему с учетом специфических особенностей.

Разработка сервиса хранения контрольных цифр приема с использованием системы электронного обучения МАИ

Викулин М.А.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Хорошко Л.Л.
МАИ, каф. СМиИГ
vikulinma@mati.ru

При формировании нагрузки и расписания на новый учебный год неизбежно возникает вопрос о количестве абитуриентов. Для корректного расчета предварительной нагрузки требуется знать контрольные цифры приема (КПЦ) на текущий учебный год. В связи с этим появляется необходимость хранения КЦП в информационной базе. Для решения данной задачи был разработан сервис просмотра и редактирования КЦП.

Для распределения доступа отображения информации по подразделениям, не относящимся к непосредственной юрисдикции текущего пользователя, в сервисе предусмотрено разграничение вывода данных. При входе пользователя на страницу сервиса, определяется его идентификатор, по которому находятся все доступные ему подразделения и объединяются в единое множество. Таким образом, с помощью данного алгоритма удается обеспечить отображение только тех данных, к которым пользователь может иметь доступ в связи с официально закрепленными полномочиями и обязанностями в ВУЗе в виде оформленной ставки в каких-либо подразделениях.

Информация о существующих КЦП выводится на страницу в виде HTML таблицы. Столбцами являются «Форма обучения», «Квалификация», «Специальность», «Департамент», «Учебный год», «Шифр плана», «План набора (бюджетное)» и «План набора (платное)». Первые шесть столбцов выводятся для идентификации КЦП и для связи выведенных данных с фильтром; оставшиеся столбцы содержат значения КЦП.

Вторая опция сервиса «Редактировать» позволяет добавлять новые КЦП или удалять уже имеющиеся. После применения фильтра на странице отображается форма добавления КЦП и информация о всех существующих в базе данных КЦП, подходящих под установленный фильтр, в виде таблицы.

Форма добавления содержит три поля для идентификации и распределения КЦП и два поля для ввода числовых значений самих КЦП. Поле «Учебный год» необходимо для выбора одного из двух составляющих элементов для идентификации конкретных КЦП. Список формируется в зависимости от текущего календарного года.

Вторым составляющим элементом для идентификации КЦП является либо учебный план, либо департамент. В случае, если известен учебный план, то КЦП необходимо распределять именно на план, так как только в таком случае введенные КЦП будут участвовать в расчете нагрузки. При выборе плана и отправке во время обработки

введенных данных поле «Департамент» будет проигнорировано, даже если в нем было выбрано какое-либо значение.

В том случае, если учебный план не известен, поле «Департамент» позволяет распределить КЦП менее конкретизировано. Однако при таком распределении КЦП не будут использоваться в расчете нагрузки, что необходимо только для сохранения КЦП.

При отправке формы производится проверка на введенные данные. В случае, если не выбран учебный год, или оба поля «Бюджетные места» и «Платные места» пусты, или одновременно не выбран департамент и план, то выведется ошибка «Данные не выбраны». При этом никаких изменений в базе данных произведено не будет.

После формы добавления на странице расположена таблица для работы с существующими КЦП. Структура данных аналогична представленной таблице на странице просмотра, но имеет еще один столбец – «Удалить», – содержащий кнопку удаления КЦП в каждой строке. Каждая кнопка удаляет соответствующую запись в информационной базе. Таким образом, для редактирования какой-либо записи необходимо сначала ее удалить, а затем добавить заново.

Возможности использования WebGL графики в инженерной деятельности

Власенко А.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Степанов В.В.
АТК МАИ, каф. ТиСАПР МП
svarka05@mati.ru

В настоящее время для продвижения сложной технической продукции на рынки требуется ее наглядное представление с подробным описанием особенностей и технических возможностей. Для постоянного доступа к такой информации целесообразно использовать сеть Internet. При этом появляется необходимость отображения данных о продукции в наиболее широко распространенных браузерах. Однако в большинстве случаев геометрическое моделирование объекта осуществляется в специализированных программах автоматизированного проектирования, которые не позволяют напрямую сохранять данные в удобном для воспроизведения браузером виде. Для этих целей целесообразно использовать универсальную библиотека для языка JavaScript – WebGL.

Применительно к инженерной деятельности в данной работе были проанализированы возможности использования следующих форматов и платформ, с целью просмотра, создания анимации и интерактивного контента, работы в off-line режиме:

– формат X3D являющийся стандартом ISO, разрабатываемый консорциумом Web3D;

– отечественная разработка фреймворк Blend4Web, который использует для подготовки контента пакет 3D моделирования Blender;

– формат стандарта ISO Collada и GL Transmission Format (glTS) разрабатываемые консорциумом Khnoros Group;

– библиотеки JavaScript: Three.js и Babylon.js;

В качестве инструмента создания трехмерных машиностроительных моделей была выбрана отечественная система автоматизированного проектирования T-FLEX CAD 3D, которая построена на геометрическом ядре Parasolid (Siemens PLM software), что обеспечивает интеграцию с другими зарубежными программами проектирования, такими как NX, SolidWorks, SolidEdge и др. Твердотельные модели из T-FLEX CAD 3D экспортировались в полигональные сеточные форматы x3d и obj.

В результате проделанной работы было установлено:

– Формат X3D позволяет достаточно легко создавать контент для просмотра моделей, создания простейших анимаций и интерактивных возможностей с использованием каскадной таблицы стилей CSS3;

– Среда Blend4Web совместно с Blender позволяет наглядно создавать анимацию контент практически любой сложности;

– формат Collada позволяет создавать достаточно сложную анимацию и контент, но для этих целей требуется дополнительно подключать данные из системы управления данными об изделии (PDM) или системы управления жизненным циклом продукции (PLM);

– формат glTS является перспективным решением с широкими возможностями, но ввиду его слабой поддержки программами моделирования, не удалось раскрыть весь функционал в полной мере;

– библиотеки Three.js и Babylon.js позволяют создавать анимацию и контент, но для этого требуется слишком большая трудоемкость по сравнению с предыдущими способами.

Технология сопряжения системы моделирования с аппаратным эмулятором

Волков А.К., Малкин А.А., Якупов А.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Брехов О.М.
МАИ, каф. 304
a.k.volkov@kaf304-mai.ru

Аппаратные эмуляторы на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) широко используются для ускорения моделирования функционирования цифровых интегральных схем (ИС). В данной работе рассматриваются аппаратные эмуляторы на базе ПЛИС, которые могут быть подключены к ЭВМ через стандартный интерфейс PCI Express. ЭВМ и пользовательские приложения, исполняемые на ЭВМ, предназначены для конфигурирования аппаратных эмуляторов, подготовки и передачи входных воздействий в моделируемые ИС, обработки и отображения результатов работы моделируемых ИС. ПЛИС должна включать средства сопряжения с интерфейсом PCI Express, которые могут различаться в зависимости от производителя ПЛИС, а также средства сопряжения с моделируемой ИС (далее аппаратные средства). Для сопряжения пользовательских приложений с аппаратными средствами необходимо разработать драйвер PCI Express и подпрограммы, обеспечивающие унифицированное взаимодействие пользовательских приложений с драйвером и аппаратными средствами. В данной работе рассматриваются проблемы разработки драйвера PCI Express и подпрограмм для операционной системы (ОС) Microsoft Windows 7. Драйвер PCI Express должен поддерживать взаимодействие пользовательских приложений со множеством подключенных по интерфейсу PCI Express аппаратных эмуляторов.

Драйвер PCI Express должен поддерживать операции инициализации аппаратных эмуляторов, передачи пакетов с входными воздействиями для моделируемых ИС и чтения пакетов с результатами моделирования ИС. Драйвер должен поддерживать одновременную передачу и чтение пакетов по PCI Express. Для унификации интерфейса взаимодействия пользовательских приложений и аппаратных средств пакеты должны иметь конфигурируемый объем и формат передаваемых данных в зависимости от параметров моделируемой интегральной схемы и объема результатов моделирования.

При разработке драйвера для операционной системы Windows может быть использована одна из следующих моделей драйверов ОС Windows: Windows Driver Model (WDM) и Windows Driver Frameworks (WDF). Данные модели не следует совмещать в одном драйвере, так как статические и другие средства верификации могут обрабатывать драйвера, использующие только одну модель. WDF и WDM модели имеют схожую структуру и способы обработки запросов ввода/вывода. Основным отличием модели WDF от модели WDM является облегчение обработки прерываний и изменений состояния питания и Plug and Play, поэтому в данной работе при разработке драйвера была использована модель WDF.

Основными способами передачи данных и управляющих сигналов между драйвером и устройством являются Programmed Input/Output (PIO) и Direct Memory Access (DMA). PIO представляет собой последовательную передачу по мере готовности в процессе обработки прерываний, где центральный процессор активно участвует в передаче данных. DMA осуществляет пакетную передачу данных без значительного

участия центрального процессора, поэтому для взаимодействия пользовательских приложений и аппаратных средств через высокоскоростной интерфейс PCI Express в данной работе используется DMA.

В результате данной работы:

- были изучены принципы построения драйверов для ОС Windows;
- разработан драйвер PCI Express для ОС Windows;
- разработаны подпрограммы, обеспечивающие взаимодействие драйвера с пользовательскими программами.

Алгоритм спектрального анализа сигналов

Гулай В.Ю.
Научный руководитель – к.т.н. Волков А.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 54
volkovalexey1984@mail.ru

Для теории, а также для техники формирования и обработки сигналов важное значение имеет разложение сигнала, заданного в виде функции, по различным ортогональным системам функций. Любая система ортогональных функций может быть применима для разложения в ряды, например, часто используется разложение в ряды по функциям Уолша, Лаггера, Бесселя. Важным фактором при осуществлении разложения сигнала по различным системам функция является физическая реализация. Система тригонометрических функция ряда Фурье, по данному критерию нашла наибольшее распространение в теории и практике. Выражение спектрального разложения сигнала в ряд Фурье включает: операцию «умножение» и «суммирование».

В современных комплексах радиомониторинга для вычисления спектров, как правило, используют программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Реализация операции умножение в ПЛИС осуществляется за счет операции сдвига и операцией сложения, количество которых определяет разрядность числа. При спектральном разложения сигнала каждая дискрета перемножается на синусы и косинусы различной частоты, поэтому реализация операции «умножение» ограничивает вычислительные возможности ПЛИС. Исключение операции «умножение» при спектральном разложении сигнала и замене ее на процедуру пересечение $Z_{\cap} = 1/2(|x+ky|-|x-ky|)$ (x – сигнал, y – базисная функция, k – коэффициент включения) позволит получить выигрыш при вычислении спектра $(2N+1)/5$, где N – разрядность числа.

В работе анализу подвергались спектры амплитудно-модулированных сигналов, сигналов с угловой и частотной модуляцией, параметры которых задавались с помощью прикладного пакета Mathcad, а также спектры реальных записанных цифровых сигналов. Спектры вычисленные на операции умножение и процедуре пересечения подвергались нормировки.

На основе проведенного сравнения амплитудных и фазовых спектров вычисленных на операции « умножение» и процедуре «пересечение» можно сделать следующие выводы:

– спектральный анализ сигналов, как цифровых, так и аналоговых в целях сокращения аппаратурных затрат возможно проводить на основе использования процедуры пересечения (т.е. исключения операции умножения);

– погрешность расчета спектра на процедуре «пересечение» зависит от вида сигнала, ширины полосы анализа, модуляции, а также выбранного коэффициента включения. При априорной неопределенности относительно вида сигнала значение коэффициента включения должны варьироваться в пределах $k = 0 \ldots 2$. Погрешность при вычислении амплитудного и фазового спектров на процедуре «пересечения» в данном случае составит 5-12%.

– при априорной определенности относительно вида сигнала и его параметров, погрешность спектрального анализа при оптимальном коэффициенте включения не превышает единиц процентов.

Разработка модели сети MANET при взаимодействии группы роботов в космическом пространстве

Миронов А.В., Муратчаев С.С.
Научный руководитель – к.т.н. Волков А.С.
МИЭТ, каф. ТКС
said.muratchaev@gmail.com

Для обнаружения возможных проблем при разработке сценариев в космических условиях должны использоваться новые современные среды разработки такие как NS3. Во время разработки сложных космических миссий, включающих использование роботов, существует большой риск отказа работы таких систем, и причины возникают крайне неожиданные. Моделирование таких систем помогает наладить использование данных технологий, часто дорогостоящих и требующих большого количества времени для отладки.

Основная задача разработанного сценария заключается в том, чтобы промоделировать удобства использования беспроводной сети MANET в сложном космическом пространстве. В сценарии основным аспектом является выбор модели передвижения устройств в виртуально спроектированной среде. Данных моделей существует несколько, но в данной работе использовалась модель Гаусса-Маркова реализованная в среде NS3. Эта модель поможет реализовать основные принципы перемещения роя роботов, на основе категорий задач, которые могут быть решены в космическом пространстве. Также в среде NS3 существует различные модели распространения сигнала, в данном случае была выбрана многолучевая модель распространения сигнала.

Для каждого моделирования выбиралось определенное количество устройств от 5 до 50. Кроме того, каждое моделирование проводилось при различных значениях трафика и сетевой нагрузки. После обработки полученных данных были составлены графика зависимости, которые показывают пакетное отношение потерь на количестве устройств на различной скорости генерации сетевого трафика. При подведении итогов оценивая графики можно увидеть работоспособность всей системы в целом, а также эффективность работы сетевых протоколов. В этом нам помогает параметр PER (packet error rate) и сравнение его относительно других параметров, таких как плотность устройств, либо дальность устанавливаемой связи.

В рамках этой работы был продемонстрирован подход к моделированию сетевого взаимодействия в сетях MANET с использованием среды разработки NS3. Был проведен анализ эффективности работы протоколов сетевого взаимодействия AODV, OLSR. На основе результатов моделирования были построены графики и зависимости плотности устройств от коэффициента доставки пакета. На основе данного параметра можно оценить эффективность различных протоколов в системе связи. На основе полученных результатов разработаны практические рекомендации по применению протоколов сетевого взаимодействия в сетях MANET в различных условиях космического пространства.

Технология разработки Интернет-портала для взаимодействия разработчиков «умной одежды»

Волкова А.В.
Научный руководитель – к.ф-м.н. Павлов В.Ю.
МАИ, каф. ИСТ
ms.volkova1993@mail.ru

В современном информационном обществе одной из важных проблем становится поиск необходимой информации. Для разработки новых технологий, особенно на стыке

разных областей науки и техники, требуется сбор большого объёма информации, рассеянной по информационному пространству, а для внедрения технологий необходимы инструменты обмена информацией и кооперативной работы всех заинтересованных сторон. Современные информационные технологии предоставляют возможности для решения таких задач на базе Интернет-порталов, интегрирующих информацию по заданной тематике и обеспечивающих площадку для взаимодействия заинтересованных специалистов.

Одной из таких междисциплинарных технологий является технология "Умной" одежды, в разработке которой участвуют специалисты разной направленности: от электронщиков до модельеров, от в медиков до военных. «Умной» одежда называется тогда, когда она может интерактивно взаимодействовать с окружающей средой, обрабатывать полученную информацию и запускать ответные реакции. Необходимо способствовать продвижению, развитию и внедрению в повседневную жизнь «Умной» одежды для улучшения качества жизни и более полной реализации возможностей человека.

Несмотря на то, что этой области уделяется огромное внимание, как со стороны ученых, разработчиков и дизайнеров, так и со стороны потребителей, производителей и инвесторов, анализ и обзор существующих решений показал, что на данный момент нет единого портала, где обсуждались бы существующие технологические решения, идеи и предложения, где можно было бы соединить запросы и интересы потребителей, инвесторов, разработчиков и производителей "Умной" одежды. Найденые решения не объединяют в себе информационную направленность и необходимую функциональность. В результате анализа предметной области, существующих Интернет-ресурсов и доступных технических решений сформулированы следующие базовые требования к разрабатываемому порталу:

– тематическое информационное наполнение, интегрирующее информацию с других Интернет-ресурсов;

– возможность добавление информации – пользовтель добавляет статью и может выбрать необходимые ему категории, в которых будет располагаться материал. Будут выделены две основные группы:

– по виду используемого материала (датчики, нити, ткань, пропитка, 3D-печать и т.д);

– по применению (военная сфера, повседневная жизнь, медицина, мода);

– форум – человек может создавать обсуждение на интересующию его тему и получать комментарии и советы от других людей;

– партнерство – пользователь заполняет необходимую форму, в которой коротко излагает свою идею для привлечения спонсоров. Также должна быть реализована форма для людей, ищущих сотрудников в уже существующие проекты;

– гибкая структура портала, позволяющая его модифицировать по мере появления новых технологий и запросов.

Исследование и разработка алгоритмов перемещения агента по дискретной карте, на основе движения дрона

Воронин А.С.
Научный руководитель – Аносова Н.П.
МАИ, каф. 806
alexus2074@gmail.com

В настоящее время набирают популярность разного рода дроны, беспилотные летательные аппараты и квадрокоптеры. В связи с этим очень резко встает вопрос о разработке простых, быстрых и нересурсоемких алгоритмов управления дронами. Стоит сказать, что в рамках данной модели, дрон обладает минимальными свойствами полета, такими как минимальная и максимальная скорость, зависимость радиуса угла поворота от скорости.

Одной из главных проблем в данной задаче является выбор оптимального пути между начальной и конечной точкой на карте, а также обход различных препятствий. Относительно данной задачи были исследованы классические алгоритмы и методы поиска пути, которые доказали свою эффективность и состоятельность в решении проблем в различных областях. К ним относятся:

- Алгоритм Дейкстры
- Алгоритм A* (A со звездой)
- Волновой алгоритм (алгоритм Ли)
- Навигационная сетка
- Алгоритм поворота Крэша

К недостаткам алгоритмов Дейкстры, Ли, A* и навигационной сетки относительно данной задачи, можно отнести ориентированность на представления пространства поиска с помощью графа, очень высокую временную сложность, невозможность перехода на непрерывные и динамические карты. Особенности физики движения дрона также не позволяют использовать эти алгоритмы. Алгоритм поворота Крэша не гарантирует найти оптимальный путь, также нужно запоминать положение дрона.

Из-за неприемлемости вышеназванных алгоритмов, была поставлена задача разработать быстрый и эффективный способ управления дроном. В результате, в основу разрабатываемого метода легла теория нечетких множеств и нечетка логика. Дрон проверяет возможные направления своего движения на наличие препятствий, строя при этом таблицу с лингвистическими переменными по рассматриваемым направлениям, значения которых зависят от дальности препятствий. Идеи, на которые опирается алгоритм управления, заключаются в следующем: в каждый момент времени дрон старается развернуться в сторону цели и двигаться по воображаемой прямой, соединяющей текущее положение дрона и конечную цель, но при этом опирается на таблицу с лингвистическими переменными, чтобы избежать столкновения.

Данный метод был реализован на 2D карте в среде разработки Microsoft VS 2012 на языке C++ с использованием мультимедийной библиотеки SFML и показал высокую эффективность и надежность. Метод также хорошо работает на динамической карте, когда количество и расположение препятствий не статично. На основании полученных результатов, можно предположить, что данный метод может быть применен для управления дроном в реальной жизни на непрерывной карте, если обобщить реализацию на 3D область и добавить физические свойства и характеристики заданного беспилотного летательного аппарата.

Исследование методов многопоточного программирования на платформе .NET

Гаврилов А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМиИТ
ddarksidee@gmail.com

В данной работе рассмотрена проблема возникновения взаимоблокировок в многопоточных приложениях на языке C# 6.0 .NET Framework 4.5.1. Исследованы механизмы, упрощающие разработку подобных приложений и информационных систем. Сформулированы рекомендации по использованию методов синхронизации, способов создания и управления потоками.

Поток выполнения (тред; от англ. thread – нить) – наименьшая единица обработки, исполнение которой может быть назначено ядром операционной системы. Самой распространенной проблемой при разработке многопоточных приложений является возникновение состояния состязание за ресурсы. Данная проблема может возникать в случае, если два или более потоков получают доступ к одним и тем же объектам, а доступ к совместно используемому состоянию не синхронизируется. Взаимоблокировка возникает, когда два и более потока постоянно блокируют друг друга из-за того, что задача каждой из сторон блокирует ресурс, необходимый другой стороне.

Рассмотрена современная библиотека работы с потоками Task Parallel Library. TPL - библиотека параллельных задач представляет собой набор открытых типов и API-интерфейсов в пространствах имен System.Threading и System.Threading.Tasks. Цель TPL – повышение производительности труда разработчиков за счет упрощения процедуры добавления параллелизма в приложения. TPL динамически масштабирует степень параллелизма для наиболее эффективного использования всех доступных процессоров. Кроме того, в библиотеке параллельных задач осуществляется секционирование работы, планирование потоков в пуле ThreadPool, поддержка отмены, управление состоянием и выполняются другие низкоуровневые задачи. Рассмотрены методы синхронизации потоков: locking (mutex, semaphore), signaling (barrier, auto reset event), nonblocking synchronization (memory barrier, interlocked), выполнен их сравнительный анализ. Определены подходящие методы в качестве рекомендуемых для решения различных типов задач.

Пул потоков (thread pool) обеспечивает ключевые сервисы, в частности управление потоками, абстракции различных типов параллельной обработки и регулирование (throttling) параллельных операций. Пул рабочих потоков предоставляет сервисы на уровне процессорного параллелизма и использует преимущества многоядерных архитектур. Изучены алгоритмы управления потоками в пуле потоков, а также правило поддержания количества рабочих потоков на оптимальном уровне. Все предлагаемые решения были протестированы в среде .NET Framework 4.6 и разработано демонстрационное приложение с использованием технологии WPF.

Создание электронных образовательных ресурсов

Гаврилов М.М. Кононенко А.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Сдобнов А.Г.
МАИ, каф. ИСТ
mikle5479@gmail.ru

В настоящее время всё острее ощущается необходимость в качественных электронных образовательных ресурсах. Уже более 90% населения России пользуются различными электронными устройствами, 78% регулярно используют интернет. Большинство крупных технологических компаний и университетов уже имеют свои электронные образовательные ресурсы. Использование электронных ресурсов позволяет не только значительно сэкономить ресурсы на тиражирование, но и предложить учащимся интерактивные элементы, что невозможно в случае с классическими учебными пособиями.

Для этой цели используются разные способы, выбор которых во многом зависит от того, каким уровнем знаний в области компьютерных технологий обладает автор. В последнее время всё популярные становятся системы, использующие браузер для отображения информации. Существует множество инструментов, среди них можно выделить систему управления курсами Moodle и систему управления контентом WordPress. Всё ещё популярным остается непосредственная самостоятельная подготовка HTML-кода.

Однако, для самостоятельно автора все существующие решения требуют специализированных знаний или значительных временных затрат, что не позволяет авторам создавать разнообразные электронные образовательные ресурсы на современном уровне, отнимая их время.

В настоящее время ощущается острая потребность в инструментах, позволяющих быстро и без специальных знаний автору быстро и без посторонней помощи создать собственное электронное учебное пособие. Особенно актуально это в высших образовательных учреждениях, ведь именно в них существует множество узкоспециализированных дисциплин, по которым имеется крайне мало материалов. Результатом дефицита инструментов является создание многочисленных собственных решений, которые не отличаются стабильностью работы и высокой функциональностью, но, при этом, решают текущую задачу.

Решением данной проблемы может служить создание некого промежуточного инструмента, сочетающего все преимущества вышеописанных решений, а именно функциональность и простоту. Наиболее оптимальным вариантом оформить его в виде WEB-сервиса, что позволит работать с ним без установки программного обеспечения с любого устройства. Использование жесткой типизации и структуры позволяет облегчить модернизацию и обеспечить разделение среды на слой логики и слой данных. Помимо этого, это позволяет обеспечить постоянный и гарантированный доступ к электронному образовательному ресурсу через сеть интернет. Другим важным преимуществом является возможность использовать самые современные функции, доступные только крупным ЭОР, такие как синтез речи, распознавание голоса, распознавание изображений и другие. Это достигается благодаря использованию множеством авторов одного сервиса (возможно, платного) вместо самостоятельной разработки собственного.

Математическое моделирование в задаче планирования железнодорожных перевозок

Гайнанов Д.Н., Рассказова В.А.
Научный руководитель – профессор, д.ф.м.н. Кибзун А.И.
МАИ, каф. 804
varvara.rasskazova@mail.ru

Методы математического моделирования широко применяются для решения многих прикладных задач, в числе которых актуальная задача планирования железнодорожных перевозок.

Вводится в рассмотрение неориентированный граф конфликтов на множестве нормативных ниток графика движения поездов, при этом конфликтными считаются нормативные нитки, совместная реализация которых недопустима ввиду ряда технических особенностей, таких как время перевозки или несовместимость ниток при движении по перегонам и на станциях. Неориентированный граф конфликтов является математической моделью в задаче планирования железнодорожных перевозок на этапе формирования множества бесконфликтных наборов нормативных ниток. В рамках такого подхода рассматриваемая задача может быть сведена к задаче формирования множества максимальных верхних нулей монотонной булевой функции, порожденной неориентированным графом.

Множество верхних нулей определено как множество двоичных наборов, где ненулевые компоненты отвечают вершинам неориентированного графа конфликтов, для которых порожденный подграф не имеет ни одного ребра. Здесь решающим фактором является структура неориентированного графа конфликтов – пара вершин соединена ребром только в том случае, когда соответствующие нормативные нитки графика движения поездов конфликтны. Таким образом, множество максимальных верхних нулей построенной булевой функции отвечает множеству бесконфликтных наборов нормативных ниток, причем каждый такой набор является максимальным по включению, то есть добавление любой нормативной нитки приводит к конфликтности всего набора.

Задача расшифровки монотонной булевой функции является сложной задачей комбинаторной оптимизации. Для решения могут применяться и классические методы, однако все они требуют больших вычислительных затрат.

Оригинальный подход основан на анализе количественных характеристиках вершин неориентированного графа – число вершин в окрестности рассматриваемой вершины и число ребер графа, связывающих вершины в окрестности. Приоритетными для рассмотрения являются вершины с максимальным значением первой, и минимальным значением второй характеристик. Последовательно выбирая подходящие вершины, алгоритм решения задачи расшифровки монотонной булевой функции формирует наборы, отвечающие элементам множества максимальных верхних нулей. Если при этом некоторые вершины имеют ненулевое число ребер в окрестности, то решение не является точным, но обеспечивает эффективное приближение.

Реализация алгоритма зависит от выбора первой рассматриваемой вершины. В результате работы алгоритма для каждого фиксированного выбора формируется

некоторый элемент множества верхних нулей, дающий достаточно хорошее приближение к максимальному верхнему нулю. Сформированы условия, при которых полученное решение является точным, в других случаях даётся оценка отклонения полученного решения от точного решения. Приводится оценка сложности предлагаемого алгоритма.

Разработка чат-бота на платформе ASP.NET Core и Microsoft Bot Framework и публикация приложения в Microsoft Azure

Гладкова Ю.П., Трофимушкин А.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
gladkovayuliya88@gmail.com

В современном обществе возрастает тенденция на передачу задач, ранее решаемых человеком, электронным помощникам. В последнее время возросла популярность одного из видов таких помощников - чат-ботов. Их можно использовать в любой удобной программе обмена сообщениями, причем общением с таким ботом происходит в форме обычного разговора. Особой востребованностью пользуются боты, предоставляющие и обрабатывающую различного рода информацию. Несравненную полезность чат-ботов оценили многие коммерческие компании, предоставляющие упрощенный доступ к их сервисам.

Одним из самых популярных на данный момент сервисов является YouTube, позволяющий загружать, просматривать и делиться видеозаписями. Исходя из востребованности данного сервиса, было решено создать чат-бота, предоставляющего к нему простой доступ. Он позволяет найти самое новое или популярное видео определенной категории, получить видео, собравшее больше всего голосов на канале, а также поддерживает различные критерии поиска.

С точки зрения разработки чат-бот представляет собой веб-приложение. Производительная и стремительно набирающая популярность в коммерческих проектах платформа ASP.NET Core отлично решает поставленные задачи, что сыграло в ее пользу при выборе.

Специальная среда разработки Microsoft Bot Framework с открытым исходным кодом позволяет разработчикам без лишних сложностей создавать приложения автоматического взаимодействия с пользователями через текстовые сообщения, SMS, Telegram, Skype, Slack и другие популярные сервисы.

Для обработки пользовательских запросов использовался облачный сервис распознавания речи LUIS, позволяющий выделить из предложения намерение пользователя и параметры запроса. Для сохранения информации о пользователе был выбран Redis In Memory Cache.

Публикация и настройка законченного приложения и интеграция с различными мессенджерами произведена с помощью платформы Microsoft Azure.

Анализ направлений развития IT-технологий сетецентрических операций

Глудкина М.С., Разбаш Р.В.
МАИ
rrazbash@mail.ru

Анализ направлений развития IT-технологий нового поколения для сетецентрических операций (СЦО) является исключительно актуальной задачей. В соответствии с общей процедурой мониторинга в среде информационно-аналитического комплекса ARM-аналитика созданы структурированные базы данных и определены основные тренды. Выявлено, что основные усилия разработчиков в рамках программ исследований ДАРПА, Национальных исследовательских лабораторий, Европейского оборонного агентства, а также ведущих мировых компаний сосредоточены на следующих направлениях:

- технологии кибероружия;

- технологии кибербезопасности;
- технологии разработки, программирования, тестирования и диагностирования программного обеспечения (ПО);
- технологии искусственного интеллекта;
- технологии анализа больших неструктурированных данных;
- технологии стратегического анализа и прогноза;
- технологии проведения информационных войн.

Для оценки приоритетов в выявленных направлениях используется метод анализа иерархий (МАИ), предложенный Т.Саати.

Основной задачей в МАИ является оценка высших уровней иерархии исходя из взаимодействия нижних уровней, а не из непосредственной зависимости от элементов на этих уровнях.

Таким образом, основная идея метода заключается в следующем:

Заменяем сложную задачу выбора решения на последовательность элементарных задач. Каждая из них заключается в вербальной (лингвистической) оценке двух альтернатив.

На основе некоторого алгоритма строим интегральную оценку, двигаясь по иерархии снизу вверх.

На основе проведенного анализа, была разработана иерархическая система критериев оценки направлений развития IT-технологий сетицентрических операций. Структура системы критериев двухуровневая, на первом уровне рассматриваются такие показатели критериев:

- функциональность;
- эффективность;
- устойчивость;
- структурно-функциональная адаптация;
- экономические.

Получены интегральные оценки приоритетов направлений IT-технологий СЦО. Наибольшие значения были обнаружены в разработках технологии кибербезопасности и технологиях разработки, программирования, тестирования и диагностирования ПО.

Полученные результаты являются основой для построения дорожной карты и прогноза развития IT-технологий СЦО нового поколения.

Создание информационной системы для спортивной организации

Голдобина С.Ю.
Научный руководитель – к.т.н. Полицына Е.В.
МАИ, каф. ПВК
midday2013@gmail.com

Существующий в настоящее время темп жизни и быстрорастущее количество информации заставляет людей находить эффективные способы обработки данных, отказываться от бумажных носителей, автоматизировать процессы и снижать вероятность человеческой ошибки. Один из таких способов – создание информационных систем, задачи которых упростить работу с данными, представлять результаты их обработки в структурированной и наглядной форме для ускорения принятия решений, контроля и т.д.

Далеко не во всех областях человеческой деятельности активно используются современные информационные технологии. Например, в области спорта существует две проблемы: автоматизируются далеко не все возможные процессы, хотя в настоящее время имеется множество инструментов для упрощения многих из них, или же информационные системы используются только на мероприятиях и в организациях самых верхних уровней.

У спортивной организации, как и у любой другой, существуют общие задачи и специфические. К первым можно отнести ведение документооборота, планирование деятельности организации, ретроспективу, сбор статистических данных. Ко вторым – ведение учета тренерского состава и спортсменов, отслеживание их медицинских

показателей, планирование тренировочного (оперативное, текущее, перспективное, индивидуальное) и соревновательного процесса, контроль и анализ результатов спортсменов, присвоение спортивных званий и разрядов. Эти задачи в целом одинаковы для разнообразных видов спортивной деятельности.

В разных видах спорта используются средства автоматизации различных процессов, но не существует единого универсального инструмента, позволяющего решать всесторонние задачи и доступного на различных уровнях иерархии спортивных организаций. Более того, внедрение информационных технологий потенциально затруднено в связи с неподготовленностью кадров. Все вышеупомянутое является доказательством стагнации в информационном развитии области спорта и в настоящее время возникает потребность в разработке автоматизированных средств для конкретных организаций с учетом специфичности их деятельности и задач.

Проведенный анализ использования информационных систем в области спорта и деятельности организации позволил выделить основные решаемые задачи, необходимые виды контроля результатов, исходя из которых были сформулированы требования и спроектирована система. На основании методик оценки и правил системы судейства были разработаны алгоритмы расчета результатов зачетов и соревнований.

Создание информационной системы поддержки тренировочно-соревновательного процесса позволит упростить сбор, учет, информации о спортсменах, тренерах, судьях, командах и т.д., контроль и анализ результатов спортсменов, подготовку документации.

Моделирование отказов информационных систем

Стороженко Н.Р., Голева А.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Шафеева О.П.
ОмГТУ, каф. ИВТ
frybkf07.93@mail.ru

На современном уровне развития науки и техники происходит стремительный рост информационных потоков и развитие сетевой инфраструктуры, в связи с этим в различных отраслях наблюдается автоматизация процессов, которая позволяет осуществлять управление операциями, данными, информацией и ресурсами на основе применения информационных технологий за счет использования мощных компьютеров и программного обеспечения.

После принятия решения о необходимости автоматизации в любой сфере деятельности важно обеспечить надежность и отказоустойчивость функционирования оборудования, на которое возложены функции автоматизированного управления процессами. В технических системах надежность и отказоустойчивость определяются аппаратной избыточностью, т. е. наличием резервных блоков, подключаемых вместо отказа основных, для восстановления функциональных возможностей системы.

При внедрении надежных и отказоустойчивых систем в целях минимизации времени и затрат на восстановление отказавших блоков в последнее время широко применимы различные методы моделирования. Цель моделирования состоит в выборе оптимальной стратегии использования резервных элементов с учетом отказов.

Одним из наиболее наглядных и нетрудоемких методов математического моделирования многих операций (в том числе и отказов в информационной системе), развивающихся в форме случайного процесса, является аппарат цепей Маркова.

В данной работе при моделировании предлагается считать, что отказы в информационной системе могут возникнуть на нескольких уровнях (локальном уровне, уровне сетевого окружения, уровне критически важных узлов системы). Кроме того, следует определить виды отказов для моделируемой системы: отказ аппаратного обеспечения, управляющего центра, приложений, сетевых устройств, каналов связи и т.д. (данный список при необходимости можно дополнить).

Далее строится связный граф состояний моделируемой системы, где показаны связи каждого из *j*-х отказов на каждом *i*-ом уровне функционирования информационной системы (состояния S_{ij}) с вершиной в S_0 (состояние системы без отказов), а также

интенсивности того потока событий, который переводит систему из одного состояния в другое.

Выбирая численные значения интенсивностей, можно составить систему уравнений. В конечном счете решением данной системы будут искомые значения вероятностей нахождения информационной системы в каждом из рассмотренных состояний: от состояний безотказной работы до отказа ее различных блоков.

По выходным данным моделирования можно делать выводы о наиболее критичных блоках, требующих модернизации.

Таким образом, в работе с помощью аппарата цепей Маркова применительно к сети передачи данных была спроектирована математическая модель безотказной работы информационной системы с построением системы уравнений, решив которую, можно получить конкретные значения вероятностей отказов различных блоков системы на каждом из уровней функционирования: локальном, сетевом, а также критически важных узлов.

«Mi-Logistic» – продукт с инновационным подходом к транспортной логистике с использованием JADE Framework

Голомазов А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Смирнов Н.Я.
МАИ, каф. СА
milord-company@yandex.ru

Современному человеку необходима автоматизация во всём. Исключением не стала и сфера логистического распределения грузов. Как часто Вы сталкивались с проблемами: надо перевезти диван из одного дома в другой, или из офиса в офис, но поиски транспорта, удовлетворяющему Вашим критериям занимали большую часть Вашего дня. Или Вы желаете заказать самосвал щебня, но предложение по доставке его к месту Вашего строительства требует заплатить огромные деньги?! Уверен, что подобные проблемы стояли перед каждым из нас не один раз в жизни, заставая нас врасплох в самый неподходящий момент.

Проблема поиска наиболее выгодного решения стоит не только перед частными заказчиками, но и перед международными корпорациями: заказ топлива в аэропорт, перевозка грузов авиа, ж/д, автотранспортом, или иным более узкоспециализированным видом транспорта. При этом большинство существующих IT продуктов для поддержки принятия решения написано для решения задачи в полуавтоматическом режиме с использованием диспетчера, а также решают задачу в рамках одной корпорации, или логистической компании. Это не полностью удовлетворяет потребности рынка, так как огромное количество частных грузоперевозчиков остаётся неучтёнными и работают «вне видимости» данных IT продуктов.

Проблема крайне актуальна и решение её было найдено! В настоящее время мы имеем достаточное количество наработок для автоматического решения данной задачи и работаем над созданием продукта, основанном на них. Для решения проблемы мы используем концепцию МАС (мультиагентных систем), реализацию которых основываем на средствах JADE Framework.

Данная платформа работает на языке JAVA и поддерживает кроссплатформенную архитектуру. Основывая приложение на JADE, мы достигаем успешной работы, как на персональных рабочих станциях, так и на мобильных устройствах. Фреймворк обладает интерфейсом администратора (GUI), поддерживающий возможность управления агентами, а также имеет визуальный анализатор трафика, что позволяет эффективно администрировать созданные платформы и агенты, а также проводить мониторинг системы в реальном времени.

Сегодня можно однозначно заявить: «Мир – нечёток!». Все процессы и большинство задач выбора сталкивается с проблемой неопределённости, в которой приходится принимать решение. Использование в проекте «Mi-Logistic» алгебры нечёткой логики позволяет эффективно решать задачи классификации и выбора оптимального

решения в условиях неопределённости. В процессе поиска грузов и заказов приходится сталкиваться с большим количеством конфликтных ситуаций, где выбор делается на основе теории игр. Проект «Mi-Logistic» - это инновационное объединение подходов и инструментов из разных сфер: новейших IT подходов, использование современных подходов к разработке ПО, использование распределённых вычислительных мощностей, использование булевой алгебры и алгебры нечёткой логики, использование теории игр и иных современных средств проектирования.

В докладе будет более подробно раскрыта проблематика и постановка задачи, а также рассказаны направления исследования и планируемые этапы разработки и развития продукта «Mi-Logistic». Доклад охватывает основы построения мультиагентных систем и анализ данных, основываясь на нечёткой логике.

Проблемы интеграционных мероприятий для систем управления проектно-операционной деятельностью

Голубев Д.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Цырков А.В.
МАИ, каф. ТИАС

В связи с растущей информатизацией отечественных производственных предприятий острым становится вопрос архитектуры общей информационной системы организации производства, являющейся совокупностью более мелких и узконаправленных систем, решающих конкретные подзадачи организации производства.

Отличительная особенность современного подхода к организации информационных систем управления производством – децентрализация ресурсов, вычислений и инструментов работы с данными на программном уровне, с последующим объединением и преобразованием выходной информации в качественно новое и наглядное её представление.

Далее встает вопрос самой интеграции этих систем на уровне *back-end* – внутренней реализации межпрограммных интерфейсов и структур данных. Многообразный ландшафт программных средств информационного контура предприятия должен соответствовать международным и локальным актам стандартизации, что позволит этой ИТ-инфраструктуре обладать свойствами масштабируемости, прозрачности и модульности.

Основными объектами стандартизации должны являться межмодульные интерфейсы, позволяющие программам эффективно обмениваться информацией между собой с наименьшим количеством посредников и сами схемы данных, для более эффективного использования вычислительных и сетевых ресурсов.

Метод управления проектно-операционной деятельностью базируется на модели потока работ. Метод, охватывая при обработке все элементы организационно-технической среды организации, обеспечивает более высокий уровень эффективности управления в отличие от существующих локальных методов управления процессами в программных комплексах *PLM* и *ERP*.

Разработанная модель потока работ предполагает два уровня декомпозиции данных. Рациональное деление информации между уровнями, позволяет повысить вычислительную эффективность алгоритмов планирования в системе управления. Вместе с тем возникает необходимость интеграции данных, получаемых в модулях управления и мониторинга на каждом из уровней модели.

Модули управления и мониторинга деятельности, реализуют адаптацию разработанного метода планирования для регулирования хода проектно-производственных работ на основе причинно-следственных связей модели потока. Алгоритмы обеспечивают возможность автоматического анализа состояния организационно-технической среды и выработки решений для динамического управления, что способствует диалоговому взаимодействию управленческого и исполнительного персонала в вопросах прогнозирования и оценки состояния процессов создания сложных технических систем.

Комплекс интеграционных мероприятий реализован в методике внедрения системы проектно-производственного сопровождения (СППС) при построении организационно-технической среды на базе интегрированной информационно-коммуникационной системы управления предприятием.

История развития теории и практики моделирования деградационного износа технических устройств

Горбунов М.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Лисов А.А.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
3141220@mail.ru

В течение жизни и функционирования любого объекта в нем происходят деградационные процессы. При огромном многообразии объектов деградационные процессы необыкновенно многообразны, сложны. Однако, для всех них можно выделить некоторую общность.

1. Деградационные процессы всегда ухудшают показатели и характеристики всякого объекта;
2. Деградационные процессы обеспечивают необратимое изменение физических характеристик объектов.
3. Для всякого деградационного процесса известны начальные (проектируемые) значения показателей и характеристик.

Приведенный анализ методов исследования деградационных процессов показали их исключительную сложность, сложность методов измерения и самой измерительной аппаратуры. Для проведения исследований нужны специалисты высокого уровня. Но, если в процессе изготовления или эксплуатации в каком-либо объекте придется заменить элемент, или изменить химический состав, весь опыт анализа процессов деградации таких устройств придется менять и не частично, а, может быть, и полностью. Однако, опыт исследования деградационных процессов в предметных областях обеспечил следующие важнейшие достижения:

1. В результате исследований осмыслены и установлены закономерности протекания различных деградационных процессов, установлены средства обеспечения безотказности работы многих жизненно важных объектов.
2. Установлено понимание общностей закономерностей деградационных процессов и сформированы подходы к разработке универсальных методов моделирования деградационных процессов в разных предметных областях.
3. Сформирована концепция моделирования деградационных процессов состоящая в следующем: фиксируя количественные значения характеристических показателей конкретного объекта в индивидуальной истории эксплуатации, сформировать имитационное отражение процессов в объекте в виде временных рядов; аппроксимировать временные ряды по методу наименьших квадратов, установить аналитические закономерности изменения характеристических показателей, по которым путем экстраполяции выполнить индивидуальный прогноз и оценку остаточного ресурса.

Литература

1. Лисов А.А., Чернова Т.А., Горбунов М.С. Разработка математических моделей электротехнических устройств на основе метода наименьших квадратов. Научные труды (Вестник МАТИ) Выпуск №26. 2015, - 105-111с.
20. Лисов А.А., Чернова Т.А., Горбунов М.С. Модельный анализ состояния асинхронных электродвигателей малой мощности. Научные труды (Вестник МАТИ), 2015. Вып. №26. - 112-114с.
21. Лисов А.А., Чернова Т.А., Горбунов М.С., Кубрин П.В. Моделирование переходных процессов «угасания» характеристик электродвигателей при отключении питания. Качество и жизнь №2. 2016, - 38-41с. (№740 Перечня журналов ВАК. ISSN 2312-5209).

22. Лисов А.А., Чернова Т.А., Горбунов М.С. «Моделирование нелинейных процессов в электротехнических устройствах методом наименьших квадратов» Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 010300.62. ИНФРА-М,М.,2015 г.

Эмулятор бортовой цифровой вычислительной машины космического аппарата

Гореликов Л.Ф.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ушкар М.Н.
МАИ, каф. 404
lev-gorelikov@mail.ru

В настоящее время в космическом приборостроении наблюдается тенденция всё большей интеграции функций служебной аппаратуры космических аппаратов (КА) в бортовые цифровые вычислительные машины (БЦВМ) КА, в связи с чем их сложность неуклонно растет. БЦВМ КА предназначены для решения следующих задач:

- Реализации алгоритмов управления КА;
- Реализации алгоритмов целевой задачи КА (в зависимости от назначения КА – связь, навигация, ДЗЗ и т.д.);
- Тестирования аппаратуры КА (датчики, системы электропитания и т.д.);
- Обработки нештатных ситуаций на борту КА.

Анализ вышеприведенных задач решаемых БЦВМ КА, показывает, что для повышения качества разрабатываемых алгоритмов и бортового программного обеспечения (БПО, реализующее эти алгоритмы), а также для повышения надежности всего комплекса необходимо пересмотреть существующие подходы к разработке БПО БЦВМ КА. В этой связи, задача разработки эмулятора БЦВМ КА для наземной отработки БПО является актуальной.

Целью данной работы являлась разработка Эмулятора БЦВМ КА для наземной отработки БПО.

Таким образом, в результате выполнения данной работы решены следующие задачи:

- Сформированы требования к Эмулятору БЦВМ КА;
- Разработана структурная схема Эмулятора БЦВМ КА;
- Разработан прототип Эмулятора БЦВМ КА;
- Проведено тестирование Эмулятора БЦВМ КА.

Результатом выполненной работы является прототип Эмулятора БЦВМ КА, прошедший тестирование согласно разработанной программе и методике испытаний.

Разработка Web-приложения для визуального программирования алгоритмов работы ИУСИЗ

Горчаков А.Я.
Научный руководитель – Николаев П.Л.
МАИ, каф. СМиИГ

Интеллектуальное здание (умный дом) – здание, оснащенное высокотехнологичными устройствами, обеспечивающими безопасность, удобство и энергосбережение за счет правильно организованных и сведенных в единый комплекс систем безопасности, жизнеобеспечения, информатизации, мониторинга и управления. Функционирование интеллектуального здания обеспечивается с помощью информационно-управляющих систем интеллектуальных зданий (ИУСИЗ).

При построении ИУСИЗ выделяют три уровня автоматизации:

Уровень управления и мониторинга - на этом уровне обеспечивается управление системами интеллектуального здания через пользовательский интерфейс, организованный на базе компьютеров и ПО

Уровень автоматического управления - на этом уровне контроллер (управляющее устройство, к которому подключаются датчики и конечное оборудование) осуществляет

управление исполнительными механизмами в соответствии с заданными алгоритмами, основываясь на данных, полученных от датчиков, таймеров и т.п., и введенных через интерфейс.

Уровень конечного оборудования – датчики(датчики температуры, освещенности и пр.) и конечные устройства (устройства отопления, освещения и пр.)

Создание алгоритмов работы систем интеллектуального здания является важной составляющей организации работы ИУСИЗ, а потому для этого пользователям необходим удобный инструмент, коим является визуальная среда разработки алгоритмов. Визуальное программирование гораздо легче для восприятия человеком, чем текстовое, оно обеспечивает большую простоту и наглядность, а узкая направленность задачи сводит на нет такие его отрицательные качества, как недостаточная гибкость и функциональность.

В качестве платформы для приложения был выбран Web, так как данная платформа обеспечивает удаленный доступ, избавляет от необходимости устанавливать ПО на свой ПК, а главное - обеспечивает кроссплатформенность. Данное приложение будет работать одинаково на всех устройствах, необходимо будет ввести лишь небольшие изменения для адаптации интерфейса для сенсорных устройств и устройств с небольшим размером дисплея.

Математические методы моделирования и прогнозирования временных рядов в экономике

Гришков А.Н.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Черкай А.Д.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
andrew94zx@gmail.com

В настоящее время математическое моделирование представляет собой активно развивающуюся область науки. Практические эксперименты во многих отраслях сложны, дороги, а иногда и попросту не возможны. Поэтому удобнее построить модель исследуемого объекта и уже на ней смотреть его поведение. Это касается в том числе и экономических процессов. Одним из таких процессов являются цены на акции различных компаний. В качестве примера рассмотрим компанию Google. Она является одной из ведущих и богатейших во всем мире, следовательно оказывает серьезное влияние на мировую экономику. Цены на акции компании представляются в виде временного ряда. Значит для его можно промоделировать, спрогнозировать и посмотреть на его поведение в будущем. В настоящее время в экономике часто применяются ARIMA-GARCH и лингвистические модели. Первые представляют собой авторегрессионные модели с условной гетероскедастичностью, а в основе вторых лежит поиск похожих значений, составляющих временной ряд в некотором пространстве. Так как ARIMA-GARCH модель состоит из двух частей, то в начале строится ARIMA составляющая. Для построения оптимальной модели(поиска оптимального числа лагов) используется информационный критерий Акаике. После с помощью теста Энгла необходимо проверить ряд на гетероскедастичность и так же с помощью критерия Акаике построить вторую часть данной модели, и соответственно комбинированную ARIMA-GARCH модель. После этого ее можно промоделировать с помощью метода Монте-Карло (метод статистических испытаний) и построить прогноз. В качестве альтернативного метода используется метод лингвистического прогнозирования. С помощью него так же строится прогноз, который в последствие можно сравнить с результатом ARIMA-GARCH модели. На практике получается, что оба метода конкурентноспособны. Следовательно одной из основных задач является создание комбинированного метода для выбора оптимальной модели на различных временных промежутках.

Применение Blockchain технологии для повышения качества процесса конструирования авиатехники

Гуров О.А., Южанинов К.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Востриков А.В.
НИУ ВШЭ, ДКИ
oagurov@edu.hse.ru

Аннотация

Работа посвящена вопросу повышения качества при конструированиии авиатехники. Целью работы является описание информационой системы, позволяющей повысить надежность авиатехники путем внедрения автоматизированного контроля процесса закупок комплектующих деталей. Информационная система основана на технологии Blockchain [1], что дает гаранию надежности и безопасности хранения данных.

Введение

В области создания авиатехники вопрос безопасности и надежности является наиболее приоритетным. Первым шагом к обеспечения надежности техники является контроль качества при закупки комплектующих частей. Под контролем качестве подразумевается ведения реестра, содержащего всю информацию о каждой используемой детали. Для исключения возможности закупки дешевых, небезопасных комплектующих под видом качественных предлагается внедрить информационную систему на основе технологии Blockchain. Использование данной технологии позволит автоматизировать процесс внесения данных и исключить возможность их подмены в реестре. Далее представлено концептуальное описание информацонной системы.

Описание системы

В качестве основной технологии хранения данных используется Blockchain. Данная технология позволяет исключить возможность редактирования внесенных ранее данных, а также сделать процесс внесения информации полностью автоматизированным. Предлагается использовать существующий механизм проверки входных данных и подписания их цифровыми сертификатами. Общий алгоритм работы системы выглядит следующим образом:

После закупки партии комплектующих вся информация (серийный номер, поставщик, тип детали, производитель, стоимость, ответсвенный за закупку и дата) вносится в Blockchain;

При внесении новой записи срабатывает механизм проверки достоверности данных, для этого несколько участников сети запускают процесс вычичсления hash-суммы. Если в результате получены корректные значения, данные считаются подтвержденными

Подтвержденные данные заносятся в блок - контейнер. После того как блок наберет достаточное кол-во записей он получает цифровую подпись и заносится в общую цепочку блоков.

После этого данные считаются «монолитными» и их изменение или удаление невозможно.

Заключение

В работе описано решение вопроса обеспечения надежности в процессе создания авиатехники. Предствлено описание системы, позволяющей повысить контроль качества и автоматизировать процесс учета комплектующих материалов. Конечной целью внедрения системы является увеличение надежности и снижение риска закупок некачественных комплектующих под видом оригинальных.

Список литературы

Фомина Ю.В. *Blockchain – технология будущего* //Новая наука: от идеи к результату. – 2016. – Т. 10. – №. 2.

Разработка верификационного окружения модели аппаратного обеспечения с использованием методологии Universal Verification Methodology

Данилов А.М., Пархаев В.А., Якупов А.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Брехов О.М.
МАИ, каф. 304
v.a.parhaev@gmail.com

Верификационные окружения и компоненты на базе языка описания аппаратуры и верификации SystemVerilog в настоящее время создаются в различных формах, что приводит к возрастанию времени разработки и возникновению ошибок из-за несовместимости инструментов верификации или несовместимости верификационных компонентов, полученных от различных коллективов разработчиков. Методология верификации Universal Verification Methodology (UVM) объединяет в себе основные концепции других методологий верификации (Open Verification Methodology, Verification Methodology Manual и другие) и предназначена для стандартизации верификационных IP-ядер (далее VIP-ядро) в целях повышения их совместимости и сокращения расходов, возникающих из-за необходимости приобретения и разработки верификационных компонентов для каждого нового проекта или САПР, а также для облегчения повторного использования верификационных компонентов. Результатом стандартизации VIP-ядер должно стать сокращение затрат на верификацию и повышение качества верификационных компонентов.

IEEE-стандарт UVM, разрабатываемый со второй половины 2015 года, должен включать описание различных прикладных программных интерфейсов (Application Programming Interfac; API), которые определяют библиотеку базовых классов (Base Class Library; BCL), используемых для разработки модульных, масштабируемых и повторно используемых компонентов функциональных верификационных окружений. Данные API и BCL основаны на стандарте IEEE Std 1800 языка SystemVerilog.

Методология UVM может быть использована для верификации небольших проектов и проектов уровня систем на кристалле (СнК), построенных на базе IP-ядер. Методология UVM предоставляет модель использования типовых объектно-ориентированных верификационных компонентов (UVM verification component; UVC) и гарантирует, что все UVM-совместимые компоненты будут совместимы друг с другом, независимо от их происхождения или реализации языка.

Определены реализации ключевых особенностей методологии UVM:

Организация данных – обеспечивается (через методологию и BCL) возможность отчетливо делить верификационное окружение на множество отдельных элементов данных и компонентов.

Генерация входных воздействий – предоставляются классы и инфраструктура, способствующие детализированному управлению потоками последовательных данных для генерации входных воздействий на модульном и системном уровнях.

Построение и запуск верификационного окружения –базовые классы UVM предоставляют средства автоматизации разработки и помогают повысить эффективность применения методологии UVM

Разработка модели покрытия и стратегии проверок – применение накопленного передового опыта для включения функционального покрытия, физических и временных проверок, проверок данных и протоколов в повторно используемые верификационные компоненты.

Автоматизация оценки показателей защищенности объектов информатизации

Девятилов Д.И., Енченко В.А.
Научный руководитель – Сидельников Е.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 54
enchenko1996@mail.ru

Защищённость информации от утечки по техническим каналам оценивается инструментальными и инструментально-расчётными методами контроля. Разнообразие технических каналов утечки информации (ТКУИ) привело к образованию широкой номенклатуры средств и комплексов технической защиты информации (ТЗИ), которые могут использоваться в указанных методах контроля. В тоже время одним из основных показателей, определяющих эффективность любого средства защиты информации, является уровень подготовки специалистов и степень автоматизации процедур измерения и оценки показателей защищенности объектов информатизации.

Указанные выше обстоятельства определили необходимость решения следующих задач:

1. Повышение качества подготовки специалистов по ТЗИ за счёт использования современных информационных технологий в сфере образования;

2. Разработка автоматизированных методик выявления ТКУИ и оценки показателей защищённости объектов информатизации, отличающихся высоким уровнем масштабируемости, гибкости и точности.

Основные направления развития инструментальных и инструментально-расчётных методов технического контроля изложены в трудах Ю.К. Меньшакова, А.А. Хорева и других учёных. Основным направлением совершенствования данных методов контроля является повышение достоверности результатов и автоматизация процедур измерения и оценки показателей защищённости объектов информатизации.

С учётом современного состояния научно-методического аппарата для автоматизации процедур оценки возможностей как реальных, так и потенциальных средств технической разведки была разработана автоматизированная методика оценки возможностей средств РРТР, отличающаяся обеспечением требований масштабируемости, гибкости и интеграции в современные программно-аппаратные комплексы защиты информации и контроля.

Результатом работы программы являются численные значения показателей защищенности, например, вероятности обнаружения радиосигнала контролируемого РЭС R_o:

$$R_o = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{X} \exp(-0{,}5t^2)dt \quad , \qquad (1)$$

$$X = \frac{q\sqrt{10^6 \Delta f_c T_a}}{\sqrt{1+q}}$$

где , q – отношение сигнал/шум на входе приёмного устройства средства разведки, T_a – время анализа радиосигнала [с], Δf_c – ширина спектра радиосигнала РЭС [МГц].

Среднеквадратическое отклонение измерения параметров радиосигнала РЭС: СКО измерения несущей частоты [Гц], СКО измерения ширины спектра [Гц] и СКО измерения длительности импульса [с] рассчитывается:

$$\sigma_f = \frac{0{,}28}{\sqrt{q}T_a}, \quad \sigma_\Delta = 4\sigma_f, \quad \sigma_\tau = \frac{2{,}5\tau_И}{q}, \qquad (2)$$

где $\tau_и$ – длительность импульсного радиосигнала [с].

СКО измерения периода следующего импульса [с] и СКО измерения амплитуды [В]

$$\sigma_T = \frac{0{,}2\tau_И}{q}, \quad \sigma_A = 0{,}707\sqrt{\frac{P}{q}}. \qquad (3)$$

Полученные результаты могут найти применение при разработке комплексов защиты информации.

Исследование операционных систем реального времени для разработки программного обеспечения кластера высокой готовности с системой горячего резервирования

Девяткин А.С.
Научный руководитель – Квашнин В.М.
МАИ, каф. СМиИГ
al.devyatkin@bk.ru

В настоящий момент получили широкое распространение кластерные системы высокой готовности. Это системы, обеспечивающие высокую отказоустойчивость на протяжении длительных периодов времени за счет технологии резервирования данных.

В задании, выданном на предприятии АО «НИИ «Аргон», требуется разработать программного обеспечения кластера высокой готовности с системой горячего резервирования. Кластер будет входить в состав бортового вычислительного комплекса, для будущего применения в авиации.

Для разработки кластерных систем требуется использование операционных систем реального времени, из-за их реакции на события в определенный момент времени. Основной задачей данной работы было выявление наиболее подходящей операционной системы реального времени, для разработки под ней программного обеспечения кластера высокой готовности с системой горячего резервирования.

По мере изучения технического задания, по разработке требуемого программного обеспечения, были выявлены параметры и требования, которым должна была соответствовать операционная система реального времени. Этими требованиями являются:

- высокая готовность системы;
- портативность системы;
- поддержка системы адаптивного квотирования;
- обеспечение требуемого уровня реакции на внешние события;
- поддержка сети;
- поддержка систем синхронизации данных на узлах;
- поддержка удобных систем межзадачного взаимодействия;
- поддержка пользовательских программ клиент-сервер;
- надежность и защищенность операционной системы.

Были рассмотрены такие операционные системы, как: KeilRTX, FreRTOS, uc/os, RTLinux, QNX. В ходе изучения возможностей данных операционных систем, была выявлена система, подходящая под все заданные требования, это операционная система QNX. Основными особенностями QNX является модульность и, как следствие, масштабируемость, а также собственный сетевой протокол Qnet, который дает возможность в простой синхронизации данных между узлами.

Версией операционной системы, выбранной для разработки, стала QNX Neutrino 6.5.0. В данной версии появилась очень удобная для программиста система межзадачного взаимодействия, под названием Persistent Publish/Subscribe (PPS, устойчивая служба публикации/подписки). Также стоит отметить, что операционная система QNX Neutrino сертифицирована для использования Государственной технической комиссией при Президенте РФ для подобных разработок.

О возможностях предотвращения угроз информационной безопасности сетей на основе Wi-Fi технологий

Дзгоев В.О.
Научный руководитель –к.ф.-м.н. Павлов В.Ю.
МАИ, каф. ИСТ
Vadim-bmk@yandex.ru

В современном мире практически нет электронных устройств, которые не имели бы возможности выхода в Интернет или не имели бы связи с иными подобными

устройствами. К сети может подключаться все (от элементарных мобильных телефонов до космических аппаратов) и любым удобным нам способом. На данный момент беспроводной способ Wi-Fi вытесняет локальный и это объясняется его следующими преимуществами:

- Данная технология обеспечивает одновременный доступ абонентов к сети Интернет.
- Несложное построение локальной сети,
- Гибкость установки
- Изменение положения пользователей в области действия сигнала, при этом оставаясь подключенными к сети

Тем не менее, не смотря на большое количество преимуществ и удобства пользования, у технологии Wi-Fi есть такие недостатки, как:

- Небольшая скорость, так как трафик делится на все устройства, подключенные к сети
- Ненадежная передача данных
- Низкая устойчивость к взлому

С распространением беспроводных сетей возникли и угрозы безопасности этого вида сетей. Под угрозой информационной безопасности понимается некие факторы, которые создают опасность, связанную со взломом и утечкой личных данных и информации.

В докладе приведены способы борьбы с угрозами информационной безопасности в беспроводных сетях Wi-Fi.

В заключении хочется сказать, что технология Wi-Fi бесспорно очень удобна в использовании и проста для организации локальной сети, но она ставит под угрозу информационную безопасность объекта. При совместном использовании тех способов, о которых говорится в докладе (идентификации клиентов сети по MAC-адресам, аутентификации пользователей, парольной защиты сети, использовании технологий шифрования и эффективной борьбе с косвенными угрозами) с помощью Wi-Fi технологии передача информации может стать надежной и безопасной.

Символьное вычисление неопределенных интегралов и производных элементарных функций

Дмитриев В.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
vadim-cavs@yandex.ru

Численные расчеты являются одной из самых важных сфер, в которых используются компьютеры. Однако и символьные вычисления имеют большое значение. На данный момент системы, использующие символьную алгебру способны выполнять аналитические вычисления любой сложности и без ограничений по минимальным или максимальным значениям, они внедряются в современные вычислительные машины, что открывает большие возможности в различных прикладных исследованиях. Такое программное обеспечение должно включать в себя метод представления данных, способ, позволяющий оперировать ими, библиотеку с процедурами и функциями, скомпилированными заранее, с возможностью ее расширения и удобный интерфейс, при помощи которого пользователь может взаимодействовать с программой.

Цель работы: создать программный продукт для выполнения преобразований и работы с математическими выражениями в аналитической (символьной форме) и решения сложных задач в области аналитических вычислений.

Для достижения поставленной цели использовалась среда разработки MS Visual Studio и язык программирования C#. Главным классом в программе является абстрактный класс Function. Функция может вычислить свое значение в точке и найти свою производную. В классе Function перегружены соответствующие операторы для удобства

записи функций. Также в программе определен абстрактный класс, который называется Operator. Реализованы операции, такие как умножение, сложение, вычитание, деление, в которых описано правило построения производной.

В рамках разработки реализована процедура дифференцирования как простых, так и сложных функций с использованием элементарных правил дифференцирования и таблицы производных. Также реализована процедура интегрирования рациональных функций, для реализации которой применялись следующие алгоритмы: алгоритм Юна факторизации многочленов, редукция Эрмита, метод Ротштейна и Трагера.

В результате разработки получен программный продукт, позволяющий работать с символьными математическими выражениями, дифференцировать элементарные функции и вычислять неопределенные интегралы рациональных функций.

Алгоритмы обнаружения металлических частиц в технологических жидкостях методом спекл-интерферометрии

Добринский А.М.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Павлов В.Ю.
МАИ, каф. ИСТ
hookooeko@gmail.com

Появление металлических частиц в технологических жидкостях (топливо, масло, гидравлика, теплоносители и т.п.), как правило, является следствием износа деталей и узлов, непосредственно контактирующих с жидкостью. Существующие электрические магнитные и индукционные датчики обнаруживают такой износ на поздних стадиях, когда количество размер частиц достигает десятых долей миллиметра, а их масса – десятых долей грамма. Для раннего обнаружения признаков износа необходимо обнаруживать в потоке жидкости частицы микронных размеров, не дожидаясь их оседания и накопления на магнитном датчике.

В качестве технического решения данной задачи предлагается лазерный оптический датчик, работающий по принципу спекл-интерферометра. Такие датчики используются в медицине, биологии и биотехнологиях для обнаружения в прозрачных жидкостях микроскопических биологических объектов и измерения характеристик их собственного движения. Спекл-интерферометр обнаруживает частицы, искажающие исходный волновой фронт лазерного пучка за счёт поглощения, отражения или преломления света, причём размер частиц может быть даже меньше длины волны лазерного излучения. Чувствительность метода настолько высока, что он позволяет не только обнаруживать в жидкости малые концентрации микроорганизмов (вплоть до единичных экземпляров), но и выявлять признаки их жизненной активности (например, собственную пульсацию клеток сердечной мышцы), наблюдаемые в виде появления характерных частот в Фурье-спектре регистрируемого сигнала.

Металлические и неметаллические частицы в потоке жидкости, в отличие от биологических объектов, не обладают собственным движением, и в Фурье-спектре сигнала наблюдаются только частоты, связанные с их Броуновским движением и перемещением потока жидкости. Эти частоты одинаковы для частиц любого состава – как металлических, так и неметаллических. Для селективного обнаружения металлических частиц предлагается дополнить спекл-интерферометрический датчик соленоидом, создающим переменное магнитное поле в области прохождения луча через жидкость, перпендикулярное к направлению луча. Металлические частицы, проходящие через луч, будут испытывать вынужденные колебания с частотой изменения магнитного поля и амплитудой, пропорциональной их магнитной проницаемости, а в Фурье-спектре регистрируемого сигнала будет наблюдаться пик на частоте магнитного поля. В зависимости от амплитуды магнитного поля возможно обнаружение и ферромагнитных частиц (железо и его окислы), и диамагнитных (алюминий, магний, бронза).

Алгоритм обнаружения металлических частиц включает в себя:

- регистрацию и оцифровку сигнала с датчика спекл-интерферометра в отсутствие магнитного поля;

- вычисление Фурье-спектра сигнала и сохранение результатов;
- регистрацию и оцифровку сигнала с датчика спекл-интерферометра в присутствии магнитного поля;
- вычисление Фурье-спектра сигнала и сохранение результатов;
- сопоставление Фурье-спектров;
- при обнаружении статистически достоверных признаков присутствия сигнала на частоте изменения магнитного поля выдаётся сигнал о появлении металлических частиц;
- при отсутствии признаков присутствия сигнала – увеличение амплитуды магнитного поля для обнаружения диамагнитных частиц.

Разработка прототипа операционной системы интегрированной модульной авионики стандарта Arinc-653

Доброхотов Р.А., Корнеенкова А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Звонарева Г.А.
МАИ каф. 304
rad021993@hotmail.com

Интегрированная модульная авионика – современная архитектура построения авионики. Главным принципом интегрированной модульной авионики (ИМА) является возможность объединения различных систем авионики в один вычислительный модуль. На основе данной архитектуры были сконструированы такие современные летательные аппараты, как Airbus A380, Boeing 777ER. Для формализации требований к системному программному обеспечению вычислительного модуля ИМА был разработан стандарт Arinc-653. На текущий момент широко распространены зарубежные операционные системы LynxOS-178, VxWorks 653, PikeOs с поддержкой стандарта Arinc-653.

В настоящее время для отечественной промышленности актуальна разработка отечественной операционной системы (ОС) ИМА стандарта Arinc-653. Например, в 2015 году в Москве на конференции OS Day, посвященной разработке отечественного процессорного оборудования и системного программного обеспечения, в докладе ГосНИИАС была поднята проблематика разработки отечественной ОС ИМА стандарта Arinc-653. Исходя из актуальности исследований в данном направлении в рамках выпускной квалификационной работы магистра была начата разработка прототипа ОС ИМА стандарта Arinc-653.

Arinc-653 – стандарт, который определяет требования к ОС вычислительного модуля ИМА для объединения различных систем авионики в один вычислительный модуль. В стандарте вводится понятие изолированных разделов, которые предназначены для работы систем авионики. С помощью таких разделов достигается изоляция ресурсов вычислительного модуля: процессорное время, память, устройства и т.д., что делает возможным поддержку нескольких систем авионики на одном вычислительной модуле.

Т.к. на одном вычислительном модуле предполагается исполнение нескольких систем авионики, возникает задача в планировании разделов, а также в планировании процессов внутри разделов. Стандарт Arinc-653 описывает алгоритм, по которому происходит двухуровневое планирование.

Также стандарт Arinc-653 определяет программный интерфейс Apex, с помощью которого прикладные приложения ИМА получает доступ к ресурсам вычислительного модуля. С помощью данного программного интерфейса, достигается унификация и переносимость прикладных приложений ИМА.

На подготовительном этапе к разработке прототипа ОС для проработки архитектуры реализации программного интерфейса Apex был реализован программный комплекс с поддержкой прикладных приложений ИМА на базе ОС Linux, в котором эмуляция разделов Arinc-653 была реализована с помощью технологии виртуализации на уровне ОС – контейнеров LXC.

В рамках текущей работы прототип ОС ИМА стандарта Arinc-653 был разработан на базе микроядерной ОС seL4 с мандатным управлением доступа к ресурсам, что решает главный принцип стандарта Arinc-653 – изолированные разделы. Для поддержки

двухурувневого планирования в соответствии стандарту Arinc-653 был модифицирован стандартный планировщик микроядерной ОС seL4. Программный интерфейс Apex для данной микроядерной ОС был разработан в виде библиотеки.

Обзор открытых микроядерных операционных систем, подходы к разработке прототипа ОС ИМА стандарта Arinc-653 и технические детали разработки данного прототипа будут освещены в докладе. Также в докладе будут освещены методики тестирования, а именно тестирование временных и функциональных характеристик разработанного прототипа ОС ИМА стандарта Arinc-653.

Автоматизированный комплекс проектирования информационного взаимодействия самолетных систем

Дуброво А.И., Иванов А.С., Лосяков Е.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Неретин Е.С.
МАИ, каф. 301
andrei-dubrovo732@yandex.ru

В настоящее время в разработку комплекса бортового оборудования (КБО) современного самолета задействовано огромное количество ресурсов. В связи со сложностью современных КБО компаниям-разработчикам необходимо использовать системы автоматизации процессов разработки и комплексирования для более успешной работы над проектом.

Одним из таких решений может служить разработанная система автоматизации проектирования информационного взаимодействия компонентов КБО – «Interface Control Document DataBase» (ICDDB), позволяющая автоматизировать работу специалистов, участвующих в разработке и комплексировании бортового оборудования, существенно снизив трудоемкость и количество ошибок, вызванных человеческим фактором.

Для передачи данных между оборудованием комплекса наиболее часто используются интерфейсы в соответствии со стандартами ARINC 429, ARINC 664, ARINC 825 и др. Каждый интерфейс имеет свою топологию и правила передачи данных.

Одной из задач, стоящих перед разработчиком КБО, является конвертация данных. В связи с тем, что объем данных достаточно велик, то при ручной конвертации данных из одного интерфейса в другой значительно замедляется процесс разработки КБО, а также велика вероятность допущения ошибок, вызванных человеческим фактором.

Целью работы является разработка модуля автоматизации процесса конвертации данных для ICDDB.

Для конвертации данных, передаваемых по одному из интерфейсов в другой, пользователю следует указать путь к исходным файлам, содержащим наполнение входных кодовых линий связи (КЛС) в формате “XLS”, указать интерфейс входной КЛС, и указать путь к папке хранения файла, содержащего наполнение выходной КЛС. Разработанное программно-алгоритмическое обеспечение осуществляет проверку файлов с входными параметрами на соответствие стандарту входной КЛС, и, в случае нахождения ошибок, создает отчет об ошибках. При отсутствии ошибок модуль конвертации данных сгенерирует наполнение выходной КЛС согласно выбранному направлению конвертации. Также у пользователя есть возможность произвести проверку наполнения КЛС на соответствие ARINC 429, ARINC 664 и ARINC 825 не прибегая к конвертации.

Для подтверждения работоспособности разработанного программно-алгоритмического обеспечения проведено его тестирование на корректных и некорректных данных, которое полностью подтвердило его работоспособность и применимость для решения поставленной в работе задачи.

Модуль конвертации данных внедрён в ООО «ОАК-Центр комплексирования» в рамках проекта по разработке комплекса бортового радиоэлектронного оборудования среднемагистрального пассажирского самолёта МС-21 в части системы автоматизированного проектирования информационного взаимодействия компонентов авионики.

Математические методы прогнозирования динамических процессов в экономике

Дубровский Н.А.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Черкай А.Д.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
ramix57@mail.ru

В наши дни мировой рынок не стабилен. Важно знать и уметь определять, когда может начаться кризис в мире или стране, дабы его предотвратить. Главная проблема прогнозирования кризиса в экономике состоит в том, чтобы определить то, когда он начнётся. Есть несколько основных показателей, характеризующих экономическую ситуацию в стране или мире, с помощью которых можно определить начало кризиса. Одним из таких параметров является ВВП. Он отражает суммарную рыночную стоимость всех конечных товаров и услуг. Для предсказания кризиса и прогнозирования используются различные методы, универсального нет, поскольку на конкретном временном участке будет точен определенный метод, на другом участке – другой. В данной работе, чтобы определить начало кризиса, берутся годовые значения ВВП за определенный промежуток времени. Затем рассматривается полином Эрмита. В случае интерполяции полинома можно сразу получить явные выражения для коэффициентов, что понадобится в дальнейшем. При интерполяции кубического сплайна возникает система линейных алгебраических уравнений для нахождения его тангенсов углов. Основываясь на вычислениях коэффициентов полиномов Эрмита, можно получить коэффициенты сплайна для построения. Построив кубический сплайн по годовым значениям ВВП, получатся промежуточные значения в течение года, таким образом, количество начальные данные для прогнозирования будет увеличено. Далее с помощью лингвистической модели прогноза [1] определяем, когда начнется следующий кризис, воспользовавшись полученными значениями ВВП. Особенностью подхода [2], учитывающего это и реализуемого в настоящей работе, является то, что для предсказания кризиса используется не один из выбранных методов, а рассматривается их совокупность. По итогам получается более точный результат, нежели при использовании одного метода. В работе рассматриваются методы прогнозирования и их реализация в виде программного обеспечения для прогнозирования ВВП и кризисов.

Литература:

1. Черкай А.Д. О перспективности использования лингвистических моделей при решении задач управления в экономике // Модернизация России: ключевые проблемы и решения. Ежегодник: выпуск 10, часть III. – М.: ИНИОН РАН, 2015. – С. 114-117.

3. Черкай А.Д. Лингвистические модели и их место в новой теоретической парадигме экономической науки / Материалы IV Международного научного конгресса «Глобалистика-2015», посвященного 70-летию Организации Объединенных Наций. Тезисы докладов. Том 3. XXIII Кондратьевские чтения. – М.: Фонд Вернадского, 2015.

Анализ влияния настроек протоколов динамической маршрутизации на проходящий трафик

Егоров А.С.
Научный руководитель – Браун С.А.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
aeskriss@gmail.com

Увеличение скорости передачи трафика, развитие современных сетей связи, а так же высокие требования к отказоустойчивости сети – факторы, актуализирующие проблему влияния многих факторов на проходящий трафик. Даже самые надежные и устойчивые сети не застрахованы от внезапных отказов в сети, при этом подобные сбои способны привести к прекращению информационного обмена на десятки секунд. Учитывая постоянно возрастающую скорость передачи данных, это способно привести к потере большого количества данных, и существенно снижает работоспособность сети.

Одним из вариантов решения проблемы с отказами элементов сети и повышение устойчивости сетей связи является реконфигурация информационных потоков и повышение эффективности работы протоколов маршрутизации. Если сравнивать время, затраченное на обнаружение отказа в элементе сети и восстановление работоспособности после произошедшего сбоя у различных вариантах маршрутизации, то явный перевес будет на стороне протоколов динамической маршрутизации. Для того, чтобы повысить устойчивость сети к отказам была поставлена задача проанализировать настройки протоколов динамической маршрутизации.

В процессе анализа были рассмотрен протокол динамической маршрутизации BGP (Border Gateway Protocol). При анализе было выявлено, что существенное влияние на трафик в случае отказа в сети производит процесс синхронизации таблиц маршрутизации у всех маршрутизаторов сети после изменения топологии сети. Данный процесс называется сходимостью сети.

При анализе протоколы было выявлено, что на время сходимости сети способны повлиять некоторые настройки протокола:

– BGP network timers – Таймеры поддержания сессии BGP

– Advertisement Interval – Параметр управляющий интервалом отправки сообщений BGP Update

– Initial delay for sending updates – Задержка перед отправкой обновления BGP маршрутов.

– Background BGP scanner –Сортировка и удаление записей IP RIB и BGP RIB.

– Fast Fallover –Параметр, отвечающий за быстрое обнаружение проблем в сети и разрыв BGP сессии.

– Bidirectional Forwarding Detection (BFD) – Протокол опрашивающий соседние маршрутизаторы для определения разрыва BGP сессии.

Для определения оптимальных значений данных параметров были созданы различные сетевые графы. Далее были симулированы различные сценарии для каждой топологии. В данных сценариях помимо возникновения отказов в элементах сети, были выставлены различные значения у выше представленных настроек. В каждом случае измерялось время сходимости сети.

Результаты измерений показали, что изменение данных настроек способно привести как к улучшению времени сходимости сети, так и ухудшению сети за счет постоянного шторма сообщений между маршрутизаторами. Оптимальное значение может изменяться в зависимости от топологии сети.

Применение теоретико-числовых сеток для приближенного вычисления кратных интегралов

Ершов И.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
sanfeared@gmail.com

В работе рассматривается численный метод вычисления кратных интегралов. Для решения данной задачи предложен способ, сочетающий в себе использование тригонометрических сумм специального вида и применение теоретико-числовых сеток.

Стоит отметить, что данный способ вычисления при определенных условиях даёт более точное приближенное значение кратного интеграла, чем стандартные методы. В ходе исследования были получены значения исходных интегралов и погрешности вычисления .

Было доказано, что оптимальная точность достигается, когда подынтегральная функция принадлежит классу E(alpha,s).Такие функции характеризуются непрерывной дифференцируемостью и особой, точной оценкой для их коэффициентов при разложении этих функций в ряд Фурье.

Следует отметить, что недостатком данного метода является увеличение погрешности при исследовании функций, не принадлежащих к указанному выше классу и

необходимость в сведении многомерного интеграла к кратному с фиксированными пределами интегрирования.

Установлено, что данный метод не пользуется популярностью из-за сложности перехода от многомерного интеграла к кратному, так как, хоть этот процесс и всегда возможен, но очень часто трудоемок и связан с серьёзными вычислительными трудностями.

В работе же установлена точная формула для погрешности вычисления кратного интеграла.

Для демонстрации вычисления и для визуализации результатов было разработано оригинальное оконное приложение позволяющее, например, получать решение таких задач как задача Коши для уравнений колебаний, теплопроводности и стационарного течения жидкости. Данная программа написана на языке C# 6.0 .net framework 4.6.2 с применением современных приемов построения оконных приложений. Для улучшения производительности численный алгоритм был также реализован с помощью технологии CUDA.

С помощью разработанного приложения были подтверждены теоретические результаты и получены значения интегралов, которые сходятся с результатами теоретических вычислений.

Литература:

1. Коробов Н.М. Тригонометрические суммы и их приложения. г.1989

Применение алгоритмов обработки изображений для предупреждения столкновений с окружающими объектами

Ершов М.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Бабаян П.В.
РГРТУ, каф. АИТУ
ershov.m.d@rsreu.ru

Одной из важных и актуальных проблем в области обеспечения безопасности движения (наземного дорожного, в водной среде или в воздушном пространстве) является предотвращение опасных ситуаций, возникающих при сближении транспортного средства (ТС) с окружающими объектами. С точки зрения водителя, пилота или же системы автоматического управления ТС можно выделить следующие задачи:

- обнаружение всех объектов в окружающем ТС пространстве;
- оценка относительного положения объекта и степени опасности;
- обработка результатов оценки: определение целесообразных маневров и иных действий, команд для избегания столкновения.

Оценка степени опасности должна производиться на основе анализа расстояния до объекта и скорости сближения.

Таким образом, система предупреждения столкновений должна включать средства для измерения или оценки расстояния до окружающих объектов. Работа подобных средств может основываться на оптическом методе или радиолокационном методе.

Отмечается, что оптический метод позволяет определять расстояние с достаточно высокой точностью, однако, в отличие от радиолокационного метода, в темное время суток и/или в плохих погодных условиях сильно снижается возможность обнаружения объекта и точность оценки расстояния до него. Недостатками радиолокационных систем являются большие габаритные размеры и высокий расход энергии. В данной работе в качестве источников информации рассматривались оптические видеодатчики.

Обнаружить препятствие и оценить расстояние до какого-либо объекта при помощи оптического метода можно следующими способами:

- путем обработки последовательности видеоизображений, сформированных одним видеодатчиком;
- путем обработки нескольких изображений, сформированных группой видеодатчиков в один момент времени и зафиксировавших изображение объекта с разных точек пространства.

Способы оценки расстояний при помощи первого подхода обычно строятся на основе оптического потока, вычисленного с использованием последовательности видеокадров. Также известны методы оценки расстояния до объектов путем слежения за перемещением ключевых точек в последовательности изображений или изменением замкнутых контуров, принадлежащих изображению объекта.

Для обнаружения препятствий без оценки расстояния возможно применение подходов, заключающихся в оценке однородности фона (неба, дорожного полотна) и постоянном контроле фона на изображении сцены перед транспортным средством.

Другим подходом к построению оптических систем обнаружения препятствий и оценки расстояния до объектов является использование изображений, полученных в один момент времени из разных точек пространства (стереозрение). Данные системы анализируют изображения наблюдаемого пространства с разных ракурсов. Это позволяет решать задачу триангуляции при известном расстоянии (базе) между камерами в стерео системах. Чем больше база, тем точнее решается задача оценки расстояния до наблюдаемых частей пространства.

Исследования выполнены за счет средств Гранта для поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (НШ-7116.2016.8).

Оценка производительности программной и аппаратно-программной реализаций спецификации OpenGL

Жданов А.А., Жданов П.А., Малкин А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Брехов О.М.
МАИ, каф. 304
a.a.zhdanov@mai.ru

Одним из стандартов, используемых при реализации графических систем для авионики, является спецификация OpenGL. Существуют несколько подходов к реализации графической подсистемы на базе спецификации OpenGL, в том числе программная и аппаратно-программная.

При программной реализации основным вычислительным элементом графической подсистемы является процессор общего назначения (ЦП), выполняющий все функции, предусмотренные спецификацией OpenGL. Аппаратно-программная реализация предполагает наличие специализированного вычислителя, обеспечивающего ускорение выполнения функций OpenGL за счёт архитектурных решений.

Выбор способа реализации графической системы зависит от ряда предъявляемых к ней требований, важнейшим из которых является производительность. Производительность графической подсистемы определятся рядом критериев. Значения критериев зависят от параметров реализации графической подсистемы: характеристик используемого процессора общего назначения, характеристик графического ускорителя, пропускной способности шины между ЦП и графическим ускорителем, объема оперативной и графической памяти, особенностей реализации программного обеспечения и многих других факторов.

В данной работе используются следующие исходные данные: в качестве программной реализации спецификации OpenGL рассматривается библиотека Mesa, функционирующая в вычислительной системе на базе процессора общего назначения с архитектурой PowerPC под управлением операционной системы (ОС) Linux. В основе рассмотренной аппаратно-программной реализации графической подсистемы на базе спецификации OpenGL лежит система на кристалле Xilinx Zynq Ultrascale+, содержащая графический ускоритель ARM Mali-400 MP2, также функционирующая под управлением ОС Linux.

В рамках данной работы получены следующие результаты:

Определены критерии производительности графической подсистемы на базе спецификации OpenGL.

Определены факторы для программной и аппаратно-программной реализаций, от которых зависят значения критериев производительности графической подсистемы.

Выполнена оценка производительности программной реализации на базе процессора общего назначения с архитектурой PowerPC.

Выполнена оценка производительности аппаратно-программной реализации на базе системы на кристалле Xilinx Zynq Ultrascale+, содержащей графический ускоритель ARM Mali-400 MP2.

Использование декларативного программирования в разработке ЭУМКД на примере WebDSL и Spicey

Живов А.В.
Научный руководитель – Кейно П.П.
МАИ, каф. СМиИГ
sasha_zhivov@bk.ru

Декларативная программа – это программа, которая описывает *что* представляет собой проблема и какой на выходе ожидается результат. Противоположностью декларативной парадигмы является императивное программирование, которое описывает, как это будет осуществляться.

К достоинствам декларативного программирования можно отнести:

- Масштабируемость.
- Низкий порог вхождения
- Параллелизм
- Человеческий образ мышления
- Краткость

Из минусов можно добавить, что декларативные языки относятся к программированию сверхвысокого уровня, следовательно обработка данных возлагается не на программиста.

Сравним декларативное и императивное программирование. Попробуем создать форму отправки данных на сервер с помощью связки PHP + HTML, WebDSL и Spicey.

Используя PHP и HTML, нам придется создать форму, заполнить атрибуты, чтобы указать, куда и каким методом посылать введенную информацию, добавить текстовые поля и кнопку отправки данных. На стороне сервера вручную получать значение каждого поля по атрибуту имени, валидировать и писать SQL-запрос для сохранения данных в БД. Реализация с использованием WebDSL, выглядит намного проще. Нам нужно инициализировать сущность и описать валидацию входных параметров. Тем самым, при изменении данных, WebDSL будет изменять их и в БД. Далее создаем форму с нужными полями ввода, кнопку «сохранить» и действие при нажатии на нее. Реализация на языке Spicey не сильно отличается от WebDSL, логика идентичная, только правила валидации мы указываем непосредственно при создании формы.

Исходя из вышесказанного, декларативное программирование позволяет отказаться от детального построения архитектуры приложения, сократить количество строк кода, предоставляя колоссальную масштабируемость «из коробки». Также отдельные логические куски можно использовать в разных частях проекта, не нарушая работоспособность. Именно поэтому было принято решение использовать декларативную парадигму в разработке ЭУМКД с выбором в пользу WebDSL, из-за удобной работы с JS напрямую, чего Spicey предложить не может.

Мобильное приложение и облачная система учета мелких расходов внутри группы доверенных лиц

Задойнов А.В.
Научный руководитель – Кейно П.П.
МАИ, каф. СМиИГ
smig@mati.ru

На данный момент можно с полной уверенностью заявить, что смартфон и его приложения прочно вошли в человеческий быт и стали неотъемлемой его частью,

появляются различные приложения, значительно упрощающие бытовые нужны человека. Одним из таких бытовых условий является выдача мелких сумм в долг своим друзьям и знакомым.

Все мы доверяем своим друзьям, но учитывать их долги становится зачастую очень сложно, а использовать органайзер и другое ПО – неудобно. FriendsBank – несложное мобильное приложение, особенностью которого является возможность распоряжения доверенными денежными средствами друзей на различные нужды. В жизни очень часто многие люди сталкиваются с проблемой расчета, нехваткой денежных средств на различные покупки в коллективах, группах и т.п. С FriendsBank все это можно разрешить быстро и без каких-либо усилий, достаточно войти в приложение под своим аккаунтом и воспользоваться определенной денежной суммой, доверенной другом. Такая возможность доступна только между доверенными лицами, разграничиваемые правами доступа. Приложение использует упрощенный дружественный интерфейс, в основу которого вошел принцип минимализма. За счет этого позволяет пользователю без особых усилий освоить это приложение за считанные минуты.

Перед использованием данного приложения, пользователю необходимо пройти авторизацию, после чего рекомендуется настроить личный профиль. После выполнения этих шагов его данные будут занесены в базу данных. Каждый пользователь имеет свой личный счет. Между доверенными лицами можно как списывать денежные средства, так и зачислять, что позволяет не только занимать, но и возвращать другу потраченные средства. Для того, чтобы не приходилось все время запоминать куда, на что и сколько денег было списано или зачислено, в приложении сохраняется вся история операций пользователя, где также можно посмотреть сколько всего было потрачено средств, сколько должен пользователь или должны ему. Также, в данном приложении есть еще одна важная возможность – создание собственных шаблонов для частых операций. Приложение автоматически предлагает тот или иной шаблон при проведении денежной операции.

Конечно, в этом приложении существует недостаток. Он заключается в том, что необходим периодический выход в интернет. Без доступа в сеть, пользователь не сможет синхронизировать денежные операции между друзьями.

Но как бы там ни было, этот недостаток компенсируется множеством достоинств:

- простота и доступность;
- автоматический расчет денежных средств;
- возможность учета кредита;
- наглядный итоговый баланс в профиле пользователя и рядом его с его фотографией;
- история затрат и зачислений;
- выбор денежной валюты при денежной операции.

Данная тема актуальная, нужна. Все дело в том, что аналогов приложения пока замечено не было, а то, что наиболее близко подходит к этой цели – заметки, которые в свою очередь являются весьма неудобным средством.

Задача автоматического детектирования лесных пожаров по данным видеомониторинга лесных массивов

Зайцев С.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Филимонов А.Б.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
sergeyplavec95@gmail.com

Обработка и анализ изображений в системах видеомониторинга лесных пожаров направлена на раннее обнаружение возгораний для их оперативного устранения. Необходимая видеоинформация получается посредством видеосенсоров – обзорных и поворотных видеокамер, которые могут устанавливаться на специальных пожарных вышках, вышках линий электропередач (ЛЭП), мачтах сотовой связи.

Наличие очага горения определяется по наличию основного дешифровочного признака лесных пожаров – дымовому шлейфу. Разработан алгоритм детектирования дымового шлейфа, основанный на методах и технологиях цифровой обработки видеопотоков с камер наблюдения в реальном масштабе времени. Программирование разработанных алгоритмов выполнялось на языке C++ с применением библиотеки OpenCV.

OpenCV – это библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом, предназначена для повышения вычислительной эффективности процедур обработки видеоизображения с особым упором на применение в задачах реального времени.

Исследовался вопрос выделения областей задымления на видеоизображениях на базе алгоритмов SIFT и SURF.

Алгоритм SIFT основан на нахождение характерных (особых) точек на изображении и построение соответствующих им дескрипторов. Для простоты можно сказать, что особые точки находятся в местах, где происходит сильное изменение значения градиента яркости. Один из способов определения особых точек является использование автокорреляционной матрицы и пирамиды изображений (для инвариантности к масштабу). Дескриптор – вектор кодирующий геометрию локальной окрестности точки.

Алгоритм SURF, в идейном смысле похож на SIFT, но процедура описания окрестности особой точки несколько иная, поскольку в ней используются не гистограммы взвешенных градиентов, а отклики исходного изображения на вейвлеты Хаара. Для нахождения особых точек используются матрицы Гессе. Использование гессиана обеспечивает инвариантность относительно «поворота», но не обеспечивает инвариантность относительно изменения масштаба. Для устранения этого недостатка используют фильтры разного масштаба. Детерминант матрицы Гессе достигает экстремума в точках максимального изменения градиента яркости. Далее для каждой найденной точки вычисляется ориентация – преобладающее направление перепада яркости. Для определения ориентации точки используется вейвлет Хаара (фильтр Хаара). Преобразование Хаара используется для сжатия входных сигналов, компрессии изображений, в основном цветных и черно-белых с плавными переходами. На основании полученной информации строятся дескрипторы для каждой особой точки. Отметим, что SURF используется для поиска объектов. Тем не менее, дескриптор никак не использует информацию об объектах. SURF рассматривает изображение как единое целое и выделяет особенности всего изображения, поэтому он плохо работает с объектами простой формы. Также алгоритм SURF намного быстрее своего предшественника и требует меньше вычислительных ресурсов.

Сканирование общественных Wi-Fi сетей с помощью nmap

Коротков В.И., Развин И.В., Зарешин С.В.
Научный руководитель – Епифанцев С.В.
Школа № 1770, МИФИ, каф. 12
irazvin@mail.ru

В наше время активно развиваются средства защиты от взлома Wi-Fi сетей. Злоумышленникам становится сложнее проникнуть в закрытые сети. Но, к сожалению, несмотря на развитие систем безопасности, существует очень много открытых Wi-Fi точек. Это действительно большая проблема. Особенно много таких точек в общественных местах, что очень небезопасно для пользователей, которые подключаются к ним. Очень часто люди не задумываются, что, вводя, к примеру, реквизиты банковской карты для совершения покупки через открытую Wi-Fi точку, они подвергаются большой опасности. На многих устройствах и серверах, подключенных к сетям, открыты порты «FTP», «SSH», «TELNET». На данный момент эти порты являются самыми уязвимыми в системах. Если администратор устройства не сможет закрыть эти порты, то даже при условии, что все остальные порты устройства будут надежно защищены, это не спасет от

опасности взлома. Чтобы обезопасить свое устройство или сервер от взлома, самые уязвимые порты расставляют на случайные (от 1 до 65536) порты, так как nmap сканирует не все порты, а только самые распространенные, или же делают порты закрытыми.

Исследование проходило на территории ТРК «Москворечье», где находится большое количество открытых точек. При подключении к открытым Wi-Fi точкам производилось сканирование с помощью операционной системы «Kali Linux» командой nmap. В результате сканирования было найдено большое количество устройств с открытыми портами, также было обнаружено много открытых серверов.

Анализ одной из Wi-Fi точек показал следующие результаты.

Название сервиса	Linux	Windows	Маршрутизатор	Оргтехника
21/ftp	26			
22/ssh		11	1	
23/telnet	2	1	4	
53/domain		4	1	
80/http		6	4	23
139/netbios-ssn		20		1
135/msrpc		18		
443/https		1	8	3
445/microsoft-ds		20	1	
4899/radmin		10		5
5060/sip	1			
5061/ssl-sip	1			
Общее количество устройств	28	91	14	32

Из приведенных данных можно сделать вывод, что мошенники могут получить доступ к коммерческой информации без контакта с сетевым оборудованием только имея доступ к сети, в которой находится это сетевое оборудование.

Реализация отдельных этапов построения 3D-модели по набору растровых изображений

Звонкин Д.Р.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Максимов Н.А.
МАИ, каф. 308
danniz77@mail.ru

В настоящее время не редко приходится сталкиваться с необходимостью множественной обработки информации, получаемой от разных источников, и её дальнейшей эксплуатацией. Например, обработка растровых изображений, содержащих огромный объём данных. Эти фотографии несут в себе сведения многочисленных параметров, в частности, информацию о 3D-модели изображённых объектов. Её восстановление до начала двадцать первого века было абсолютно ручным, занимало и занимает огромное количество времени. Сейчас уже есть алгоритмы, методы, а главное технические средства, позволяющие автоматизировать данный процесс и значительно повысить его эффективность.

В данной работе предлагается реализация SIFT алгоритма в программном виде, позволяющего:

- Выделять особые точки на изображениях;
- Находить связи между ними на изображениях;
- Строить модель преобразования изображения;

На выходе программы получаем облако точек, которое впоследствии можно будет дополнительно отфильтровать, «сшить» в единое целое, текстурировать и далее производить следующие действия с полученной 3D-моделью.

- SIFT алгоритм обладает несколькими преимуществами:
- Инвариантность относительно смещения и поворота сцены;
- Высокую степень инвариантности относительно масштаба, изменения яркости и изменения положения камеры;
- Более высокой устойчивостью к ошибкам при меньшем числе совпадений.

Автоматизация процесса открывает огромные возможности для многих сфер деятельности человека, ибо теперь возможно воссоздать в 3D-формате практически любой предмет материального мира (ручку, машину, здание, город), а в перспективе полный мир. И сделать это со скоростью, во много раз превышающей ручной рутинный труд. Анализ карт по их текстурированным 3D-образцам позволяет исследовать изменения ландшафта, перемещение объектов на нём с невероятной точностью. Улучшение навигации и распознавания. Но алгоритм не совершенен и для некоторых случаев может работать не корректно, так как при нахождении аффинных преобразований не будет найдено решение для двух снимков с только повторяющимися элементами, например, сотами в улье.

Разработка мобильного приложения «Расписание занятий» для СФ МАИ

Зубакова Е.Г.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Соломыков В.С.
Ступинский филиал МАИ, каф. МСиИТ
zubakova1996@mail.ru

В современном быстро и непрерывно меняющемся мире студент постоянно торопится и ощущает недостаток времени. С проблемой организации собственного времени может справиться далеко не каждый. В связи с этим возникла идея разработки инструмента, который мог бы помочь организовать свое время студентам с использованием современных мобильных телекоммуникаций.

Было проведено исследование на предмет существующих решений в этой области. Внутри Ступинского филиала МАИ найдено лишь два способа учета и планирования учебного времени - расписание занятий на сайте филиала и бумажная копия расписания. А результаты исследования рынка персональных планировщиков показали, что они недостаточно приспособлены для работы с фиксированным расписанием и не могут работать с ним без использования ручного заполнения. Учитывая темпы жизни современного мира этого было недостаточно. Также многие студенты в качестве примитивных планировщиков используют фотографии расписания в своих телефонах, что также неудобно.

При выборе платформы рассматривалась статистика исследовательской компании IDC, размещенная в свободном доступе. По данным на второй квартал 2015 года самой популярной мобильной платформой стала Android (82,8% рынка), на втором месте IOS (13,9% рынка), на третьем - Windows Phone (3,3% рынка).

Для создания приложения под Android была выбрана платформа разработки мобильных приложений с открытым исходным кодом Apache Cordova. Она позволяет использовать стандартные веб-технологии, такие как HTML5, CSS3 и JavaScript для кроссплатформенной мобильной разработки.
Планируется обеспечить следующие возможности приложению:

- возможность быстро узнать нужное расписание занятий и место их проведения посредством ввода номера группы учащегося.
- предоставление расписания занятий по кафедрам и группам;
- информирование пользователя о времени, преподавателе, аудитории;
- показ актуальных изменений в расписании;

Разработка проекта ведется с помощью среды NetBeans IDE, которая представляет собой проект с открытым исходным кодом, предназначенный для разработчиков программного обеспечения.

Тестирование разрабатываемого приложения проводится в Genymotion – быстром эмуляторе Android. Данный эмулятор основан на платформе виртуализации Virtual Box и включает в себя настроенные образы Android (x86 с аппаратным ускорением OpenGL).

Программное обеспечение сопряжения симулятора языка SystemVerilog и специализированных средств моделирования аппаратного обеспечения

Зубканс А.В., Клименко А.В., Якупов А.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Брехов О.М.
МАИ, каф. 304
avzubkans@gmail.com

Стандарт языка описания и верификации аппаратного обеспечения SystemVerilog включает описание программных интерфейсов Direct Programming Interface (DPI) и Programming Language Interface (PLI). Данные интерфейсы позволяют из программ, написанных на языке SystemVerilog делать вызовы процедур, написанных на языке C/C++ и наоборот. Используя данные программные интерфейсы, можно применить верификационное окружение, написанное на языке SystemVerilog, для верификации моделей аппаратного обеспечения, реализованных с использованием специализированных средств моделирования (далее внешние модели), которые могут включать аппаратные эмуляторы, в том числе на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

Основным механизмом взаимодействия верификационного окружения, написанного на языке SystemVerilog, с верифицируемой моделью аппаратного обеспечения являются порты, иерархические цепи и переменные элемента «module» языка SystemVerilog. В данной работе рассматривается взаимодействие верификационного окружения и внешних моделей через порты и элементы «module». Сигналы, передаваемые верификационным окружением через порты элемента «module» должны транслироваться специализированному средству моделирования аппаратного обеспечения через вызовы программного интерфейса SystemVerilog. Дополнительные подпрограммы на языке SystemVerilog и Си/C++ должны быть разработаны для создания унифицированного интерфейса взаимодействия специализированных средств моделирования аппаратного обеспечения. В подпрограммах на языке SystemVerilog сигналы, передаваемые верификационным окружением, упаковываются в пакеты с заданным форматом, которые передаются в подпрограммы на языке Си/C++ для последующей их трансляции в формат, необходимый специализированному средству моделирования аппаратного обеспечения. Подпрограммы на языке Си/C++ передают результаты моделирования аппаратного обеспечения в подпрограммы на языке SystemVerilog, которые транслируют их в формат, соответствующий выходным портам элемента «module», подключенным к верификационному окружению. В качестве механизма передачи используется механизм сокетов (Sockets). Сокеты предоставляют интерфейс обмена данными как в рамках одной системы, так и между процессами, запущенными на разных машинах в сети.

В результате данной работы:

- были изучены и проанализированы способы сопряжения симулятора языка SystemVerilog и специализированных средств моделирования аппаратного обеспечения;
- на языке Си разработана подпрограмма сопряжения специализированных средств моделирования аппаратного обеспечения и симулятора языка SystemVerilog;
- протестирована правильность работы разработанного ПО сопряжения путем написания тестового модуля.

Разработка программного обеспечения для исследования алгоритмов обработки навигационных сигналов

Иванова С.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Иванов Ю.П.
СПб ГУАП, каф. 11
arivvar@mail.ru

В настоящее время применение информационно-измерительных систем становится все более актуальным в различных областях техники. Их использование значительно упрощает доступ к необходимой информации и обеспечивает регулирование сложных технологических процессов. В составе бортового приборного оборудования такие системы являются одним из основных элементов автоматического управления. Важной особенностью современных информационно-измерительных систем является использование цифровой обработки информации, оптимальных алгоритмов оценивания измеряемых сигналов, а также комплексирования измерительных устройств.

В предлагаемой работе исследовались линейные оптимальные и оптимально-инвариантные алгоритмы оценки полезного сигнала комплексной системы, состоящей из двух измерителей, и классификации сигналов по критериям В.А. Котельникова и Неймана-Пирсона. В ходе исследований были проанализированы не только качественные характеристики линейных безынерционных и инерционных комплексных систем, но и такие свойства, как робастность и помехозащищенность.

В данной работе алгоритмы обработки сигналов применяются к комплексной системе, в которой измерения описываются линейной моделью с аддитивной погрешностью, некоррелированной с полезным сигналом. Исходными данными для синтеза оценки полезного сигнала измерительной системы в общем случае являются моменты результатов измерений и помехи, а для классификации – пороговые значения входного сигнала и законы распределения измеряемого сигнала и помехи. В качестве критерия оптимальности измерительной системы выбран критерий минимума среднего квадрата ошибки оценки полезного сигнала.

На основе широкого спектра алгоритмов фильтрации и классификации сигналов на языке программирования *Visual Basic* реализовано программное обеспечение (ПО) в виде приложения, работающего под управлением операционной системы Windows (не ниже Windows 95). В разработанном ПО решаются задачи синтеза оценок полезного сигнала по различным видам алгоритмов обработки измерительной информации, и проводится сравнительный анализ алгоритмов по критериям качества, робастности и помехозащищенности измерительной системы. С помощью данного приложения также можно производить рациональный выбор наиболее подходящего для использования алгоритма при заданных исходных данных.

В процессе разработки данного программного продукта решались не только задачи предметной области, но и реализации пользовательского интерфейса. На данный момент его основными особенностями является контроль ввода исходных данных и наличие системы подсказок для исправления ошибок ввода. Также в интерфейсе приложения предусмотрена возможность сохранения введенных исходных данных при завершении работы с программой и повторного их использования при её запуске. Результаты работы программы представлены в удобной для восприятия форме: в виде графиков и таблиц.

В дальнейшем планируется снабдить разрабатываемый пакет руководством и подсказками по его использованию, а также теоретическими материалами по алгоритмам обработки измерительной информации. Это позволит пользователю самостоятельно разбираться в работе с программным продуктом и применять его для решения задач, связанных с обработкой сигналов.

Методы и технологии адаптивного управления расписанием общественного транспорта

Игнатьев Т.И.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
tima-1994@yandex.ru

В течение дня практически постоянно возникают большие и малые сбои в движении пассажирского транспорта. Общее ухудшение дорожной обстановки сказывается на нарушении графиков и расписаний движения общественного пассажирского транспорта. Все проблемы, связанные с загруженностью улиц, пробками и заторами, в первую очередь сказываются на работе автобусов, троллейбусов, трамваев, приводят к срыву рейсов, увеличению интервалов движения, неудобствам, которые испытывают пассажиры.

Новые информационные технологии дали возможность по-иному подойти к задачам контроля и управления движением транспорта. Использование аппаратуры спутниковых навигационных систем и геоинформационных технологий позволяет передавать информацию о нахождении транспортного средства и соблюдении им графика движения.

Для осуществления мониторинга автобусов используется различные программно-вычислительные комплексы, например, АСУ-Т «Автоматизированная навигационная диспетчерская система управления автобусами» и ИС СКАТ. Данные системы позволяют не только непрерывно контролировать работу наземного пассажирского транспорта на маршрутах в реальном масштабе времени, оперативно управлять и устранять возникающие отклонения от расписания, контролировать состояние безопасности перевозок пассажиров, но и обеспечивает качественное улучшение эксплуатационных показателей транспортной работы и создает экономическую эффективность от их внедрения. В задачи системы входят управление городским наземным пассажирским транспортом на карте и автоматизация всех этапов управления транспортной инфраструктурой.

Изначально транспортные средства движутся по своему маршруту согласно расписанию. В какой-то момент времени маршрут начинает нарушаться по разным причинам: пробки, большой пассажиропоток. Нагнать расписание становится практически невозможно, в связи с загруженностью улиц, пробками и заторами. Возникает проблема оптимизации графика движения опаздывающего общественного транспорта.

Задачей является перераспределение временных интервалов в зависимости от того как транспорт дошёл до конечной точки. В зависимости от ситуации можно отправлять транспортные средства сразу или уменьшить временной интервал движения и не отправлять все сразу на маршрут. В разное время суток пассажиропоток на маршруте отличается, в часы пик он может быть в несколько раз больше, чем в раннее утреннее или позднее вечернее время. Но даже несмотря на низкий коэффициент наполнения транспортных средств необходимо выполнять рейсы городского пассажирского транспорта.

В результате была разработана модель, позволяющая создать адаптивное расписание движения общественного транспорта по маршруту. Данную модель можно считать частью реализации концепции интеллектуального транспорта, основой которой является использование современного программного обеспечения («интеллекта») и широкое использование беспроводных средств связи между всеми участниками, от отдельных транспортных средств до центральных органов управления.

Тестирования данной модели проходили на кафедре «Прикладная математика, информационные технологии и электротехника».

Снижение влияния эффекта дождя при смещении частот

Игроков Л.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Юдин В.Н.
МАИ, каф. 405
My_Leo@mail.ru

В настоящее время всё острее ощущается необходимость изучения влияния эффекта дождя на распространение радиоволн. Радиоволны проходят через атмосферу земли и ослабляются из-за присутствия в атмосфере частиц, таких как водяной пар; вода пропускает и частички льда. Атмосферные газы и дождь поглощают и рассеивают радио волны, в следствии ухудшая возможности использования радиоволн в сантиметровом диапазоне частот. В ближайшем будущем продукты, работающие в сантиметровом диапазоне частот, системы, теории и устройства будут объединены для того, чтобы увеличить мобильную скорость передачи данных в тысячи раз быстрее, чем скорость существующих сегодня сотовых, WiFi сетей, например, перейдя от эры 3G к 5G в ближайшее будущее. Однако, качество передачи данных ухудшается во время дождя. Дождь – главный источник ослабления сигнала в диапазоне около 7 ГГц. Затухание сигнала при проливном дожде большое, и чтобы достигнуть высоких уровней доступного отклика, главным требованием является отсутствие (ослабление) влияния дождя. По экспериментальным данным UTM было установлено, что затухание из-за дождя на частоте 26 ГГц составляло 25- 35 дБ, а на частоте 5.8 ГГц ослабление составляло 1-3 дБ. Таким образом, при использовании метода Fade Mitigation Technique (FMT) при сильном дожде и изменять значение частоты с более высого на более низкое, можно добиться уменьшения затухания сигнала, тем самым увеличив качество передачи данных. При задании необходимых параметров сигнала: уровень мощности и напряжение сигнала высокой частоты для нормальной ситуации (отсутствие дождя). В случае сильного дождя, в следствии чего ухудшения параметров сигнала, изменять частоту на более низкую с меньшими ослаблениями, а при прекращении влияния дождя, возвращать рабочую частоту к исходной. Этот метод разнесения частот очень экономичный и многообещающий

Динамический анализ элементов конструкций с помощью интегрированной среды T-Flex Анализ

Ильина А.В.
Научный руководитель – Харитоненков А.И.
МАИ, каф. СМиИГ
iljina.nastya1995@yandex.ru

В настоящее время во многих организациях применяются системы автоматизированного проектирования. Компьютерные технологии являются неотъемлемым условием для существования заводских предприятий на рынке, так как именно повышение продуктивности выпуска товара выступает фундаментальной целью разработки САПР. На данный момент мало использовать системы, в которых можно выполнить только построение детали. Актуальный подход к проектированию характеризуется совокупностью решений, поэтому большее преимущество предоставляется продуктам, интегрированным между собой.

Одной из таких систем является комплекс T-Flex, который позволяет решить практически все задачи конструкторско-технологической подготовки производства. Чтобы найти проблемные места детали до её изготовления используется T-Flex Анализ, где пользователь имеет возможность осуществить математическое моделирование распространенных физических явлений и решить важные практические задачи, что во многом облегчает производство товара. Преимуществом T-Flex Анализа является минимизация затрат времени на ввод информации об изделии, передача модели максимально точно, а также сохранение ассоциативной связи математической модели и

трехмерной модели за счёт прямой программной интеграции. По своей структуре T-Flex Анализ подразделяется на несколько модулей:

- Модули статического анализа;
- Модули динамического анализа;
- Модули теплового анализа.

Расчётный модуль выбирается в зависимости от того, какую задачу необходимо решить пользователю. В процессе выполнения работы вначале строится трехмерная модель изделия в T-Flex CAD, а затем с помощью T-Flex Анализа производится её сеточная генерация, отражающая геометрию изделия.

В данной работе для рассмотрения была выбрана система динамического анализа, которая может решать такие задачи, как исследование траекторий скоростей и движения, ускорений элементов под действием сил. Так же предоставляется возможность рассматривать временные характеристики механической системы и силы, возникающие в элементах в процессе движения. Динамический анализ тоже включает в себя несколько модулей: анализ собственных частот, анализ вынужденных колебаний и анализ динамических процессов. Для выполнения динамического расчёта пользователю для начала необходимо создать задачу динамического анализа, которая формируется из элементов, определяющих связи и взаимодействия между отдельными телами, считывающих и передающих результаты расчёта, задающих силы, моменты и вращения. В процессе вычисления можно наблюдать за поведением модели с любой точки, а также создавать анимационные ролики по готовым результатам динамического расчёта.

Таким образом, используя динамический анализ, пользователь T-Flex CAD получает возможность осуществлять необходимые ему виды инженерных расчётов для сложных машиностроительных конструкций.

Исследование актуальности и возможностей разработки под современные мобильные платформы

Казакова А.Н.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Хорошко Л.Л.
МАИ, каф. СМиИГ

В современном информационном мире большое внимание уделяется мобильной разработке. Главным нюансом в разработке является выбор платформы, под которую будет создаваться приложение. На сегодняшний день существует множество операционных систем такие, как Ubuntu Touch, Android, Cyanogen OS, Sailfish OS, Fire OS, iOS, Windows Phone, Symbian, BlackBerry OS и многие другие. После изучения статистики использования мобильных операционных систем за 2016 год, было решено рассматривать Android, iOS и Windows Phone поскольку данные ОС возглавляют рейтинг мобильных платформ.

В представленной работе рассмотрим данные ОС по критериям: простота изучения платформы, среды разработки и языки программирования, которые можно использовать для написания приложений под указанные выше операционные системы.

Последний очень прост в обучении, даже человек, незнакомый с программированием, сможет изучить его в короткие сроки. При этом он ни в чем не уступает в мощности Object-C. В изучении данной платформы разработчикам помогает очень подробная документация по всем программным модулям, доступным для использования в системе iOS, а также подробные уроки от разработчиков Apple.

Рассматривая мобильную ОС Android, для нашего исследования мы выбираем среду Android Studio, поскольку именно эту IDE рекомендуют разработчики операционной системы. В изучении данной среды разработки не возникает проблем, поскольку в глобальной сети Интернет присутствует множество ресурсов, предоставляющих курсы и подробные уроки, облегчающие разработку под данную платформу.

В Windows Phone для формирования макета приложений данная система использует, основанный на XML, язык разметки, именуемый XAML. При освоении этой

среды разработки было обнаружено много подводных камней, однако на сайте Microsoft Virtual Academy присутствует курс, помогающий в освоении мобильной разработки под платформу Windows Phone.

В ходе данного исследования было определено, что разработка под мобильные платформы в современном мире является перспективной. Большую долю рынка мобильных приложений занимают такие ОС, как Android и iOS.

Применение метода неявного перебора по векторной решетке для решения прямой задачи расчета количества запасных частей для авиационной техники

Каленюк А.А., Хадиева А.И.
Научный руководитель – к.т.н. Титов Ю.П.
МАИ, каф. 302
anna-ldr@mail.ru

На сегодняшний день первостепенной задачей каждого предприятия является обеспечение надежной и бесперебойной работы эксплуатируемого им оборудования. Это имеет отношение и к авиационной промышленности. Поддержание используемого оборудования в рабочей готовности осуществляется путем ремонтного и технического обслуживания.

Для проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту необходимо иметь запасные части, инструменты, принадлежности и материалы. При эксплуатации сложных систем время восстановления работоспособности оборудования после отказа напрямую зависит от наличия запасных элементов. Таким образом, отсутствие резервных материалов увеличивает время восстановления оборудования в несколько раз.

Предусмотреть все нештатные ситуации не представляется возможным. В то же время невозможно иметь в наличии весь перечень необходимых инструментов, поскольку суммарная стоимость начальных запасов в комплекте запасных частей, инструментов и принадлежностей ограничена. По этой причине не удается создать большие начальные запасы модулей, которые позволяли бы обеспечить возможность замены отказавшего элемента с высокой вероятностью. Отсутствие в комплекте запасных частей необходимого модуля делает систему невосстанавливаемой и приводит к ее отказу.

Из этого следует, что использование научно-обоснованных методов расчета количественного состава запасных частей, инструментов и принадлежностей дорогостоящего оборудования приведет к увеличению вероятности восстановления и экономии затрат на элементы, запас которых превосходит потребности.

Современная методика расчета запасных частей, инструментов и принадлежностей подразумевает пуассоновский поток отказов. При этом параметр пуассоновского потока зависит от коэффициента наполнения основной базы (минимального допустимого значения вероятности того, что с началом штатной эксплуатации парка воздушных судов (ВС) в любой момент возникновения потребности в запасных частях, она окажется на складе основной базы) и годовой потребности (произведение размера парка ВС; среднего количества изделий данного типа, установленных на одном ВС; среднего годового налета одного ВС; среднего количества полетных циклов на час налета, коэффициента наработки компонента ВС, деленное на величину средней наработки между внеплановыми заменами) в запасной части определенного типа.

Получение искомых совокупностей рекомендуемого уровня запаса резервных модулей возможно с привлечением теории исследования операций, а именно – путем целочисленного программирования, так как запас резервных модулей не может принимать дробное значение.

В данной работе предлагается заменить часто используемый метод покоординатного спуска на метод неявного перебора по векторной решетке для решения прямой задачи получения рекомендуемого уровня запаса резервных частей, инструментов и принадлежностей. Применение метода неявного перебора возможно, поскольку оптимизационная задача относится к классу линейных комбинаторных задач дискретного программирования.

Виртуализация

Карасев Н.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Гуснин С.Ю.
МАИ, каф. ИСТ

В настоящее время все большую популярность набирают технологии виртуализации. Многие современные компании имеют распределенную сеть, а также для достижения высокой эффективности в бизнесе должны иметь гибкую инфраструктуру. В результате сложившейся ситуации всё чаще компании приходят к необходимости создания виртуальной инфраструктуры. Такой шаг позволит упростить управление инфраструктурой, сократит затраты на it бюджет, а также повысит безопасность.

Сама по себе “виртуализация” делится на две больших категории, кардинально отличающиеся по способу взаимодействия пользователя с сервером:

- Sever-Based Computing – сервер в “облаке”;
- Central-Based Computing – сервер в офисе.
- В роли инструментов доступа выступают две основные технологии:
- Виртуализация рабочих мест, также известная, как VDI;
- Удаленный рабочий стол, сокращённо – RDP или RDS.

Преимуществом VDI перед RDS является изолированное рабочее пространство для пользователей и большая свобода в выборе ПО и аппаратной части как серверов, так и пользовательских устройств. Также VDI-подход обеспечивает большую надежность в работе и немного проще в настройке и использовании.

Основными платформами, обеспечивающими сервис виртуальных рабочих мест, являются XenDesktop от компании Citrix, Horizon View от компании VMware, Virtual Desktop Interface от Microsoft, vWorkspace от Quest и т.д.

При внедрении таких платформ, организации часто сталкиваются с проблемой выбора и методикой реализации данных решений. Данное исследование направлено на разработку такой методики и определения ключевых факторов выбора платформ виртуальных рабочих мест.

Для начала необходимо сравнить существующие решения по следующим критериям:

- Требуемые ресурсы;
- Ориентировочная стоимость решений;
- Преимущества решений;
- Производительность решений.

Также необходимо в рамках данного исследования изучить такие важные вопросы как:

- Необходимо ли всех сотрудников переводить на использование виртуальных рабочих станций;
- Когда необходимо использовать rdp, а когда VDI;

Вывод

Специфика современного бизнеса приводит к необходимости обработки огромных информационных потоков в реальном времени с повышенными требованиями к безопасности и надежности. Развитие производства, рост предоставляемых услуг ведет к росту числа используемых приложений. При этом время их жизни может существенно превышать сроки работоспособности оборудования, на котором они были первоначально установлены. Виртуализация является одной из ключевых технологий, позволяющей перейти от экстенсивного развития инфраструктуры к планируемому и предсказуемому представлению ИТ-услуг внутри компании на основе сервисной модели обслуживания. Именно поэтому технологии виртуализации сегодня является крайней актуальной, а вопрос методики внедрения таких систем крайне необходим для более глубоко рассмотрения.

Комплексные методы и средства автоматизации оценки качества программного кода на основе заданных грамматик различных парадигм программирования

Кейно П.П.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Силуянов А.В.
МАИ, каф. СМиИГ
science@blockset.ru

Актуальной задачей при разработке программного обеспечения является оценка эффективности исходного кода. Для этого существует большое количество методик, как индивидуальных для каждого языка, так и универсальных. Тем не менее, представленная работа затрагивает более глубокие аспекты оценки и оперирует понятиями языковых грамматик. Грамматики позволяют задать синтаксические правила языка, с помощью которых становится возможным оценить правильность написания исходного кода, или даже синтаксический анализатор, преобразовывающий исходный код в абстрактное синтаксическое дерево. Данное дерево можно впоследствии использовать для построения логики работы написанной программы, что позволяет в конечном итоге разработать собственный компилятор языка.

Наиболее эффективным и распространённым инструментом для работы с грамматиками является ANTLR. Это свободная программная библиотека, разработанная профессором Терренсом Парром и поддерживаемая большим сообществом разработчиков, положительно зарекомендовавшая себя на протяжении двух десятилетий. Помимо самой библиотеки, существует огромное число грамматик как распространённых, так и экзотических языков программирования.

Именно ANTLR используется в другом проекте, разработанным словенским учёным из Мариборского университета Матеем Чрепиншеком. Этот проект носит имя gMetrics и позволяет, используя грамматики на основе синтаксиса ANTLR, проводить автоматизированную оценку эффективности грамматики, используя различные методы численной оценки. К самым простым методам относятся следующие: количество терминалов и нетерминалов в программном коде, цикломатическая сложность МакКейба, усилие Холстеда. Инструмент, безусловно, работает и с деревьями. Для анализа структуры деревьев автор предлагает использование многоуровневых структур, каждая из которых содержит свои метрики качества.

Но наиболее интересным в этой работе является собственный предложенный метод оценки программного кода, основанный на LR-анализе. Данный анализ представляет собой некий автомат, имеющий свои собственные состояния. Одной из простейших метрик данного метода является подсчёт этих автоматных состояний, показывающий сложность грамматики. Другая предложенная метрика показывает количество состояний, принуждающих компилятор производить «просмотр вперёд». Существуют и другие метрики в данном методе. В конечном итоге, автор gMetrics предлагает разделить все языки на четыре группы по величине грамматик: крошечные, маленькие, средние, большие. К крошечным грамматикам относятся «игрушечные» грамматики, не применяемые в практике программирования (например, запись математического выражения). К небольшим грамматикам, как правило, относятся предметно-специфичные языки (DSL). К средним – языки общего назначения (GPL), а к большим – современные объектно-ориентированные языки программирования.

Представленный предмет исследования возник при разработке собственного предметно-специфичного языка BML методологии BlockSet. Данный язык предназначен для облегчения рутинных задач Web-разработки и является предметно-специфичным. Основная проблема в том, что для оценки эффективности этого языка, возникает необходимость его сравнения с наиболее распространёнными языками общего назначения высокого уровня (Python, PHP, Perl и др.). Продукт gMetrics позволяет проводить оценку грамматик всех уровней.

Поиск в структурированных данных

Кириллов Н.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф-м.н Олейников В.П.
МАИ, каф. 808
Kirillov_nikita_v@mail.ru

В настоящее время существует множество поисковиков и методов поиска в неструктурированных данных – поисковики в интернете, поиск текста в документах и т.п. С помощью сервиса «Антиплагиат» производят проверку различных дипломных работ, статей и т.д., однако он организует поиск только посимвольный поиск совпадений. Если же заменить большинство слов синонимами, оставив при этом структуру работы без изменения, поиск не даст совпадения, что не удовлетворяет самой цели проверки на плагиат. Система «Антиплагиат» должна сравнивать содержание двух работ – употребляемые понятия и взаимосвязи между ними. Именно такие взаимосвязи образуют структуру работы и её содержание. Следовательно, необходима система для поиска в структурированных данных.

Как известно, структуры данных, удобно представлять в виде графов. Представив исходные и искомые данные в виде графов, мы сможем сравнить их. Искомые данные могут быть лишь частью исходных, либо вообще совпадать не полностью. Следовательно, поиск в структурированных данных сводится к поиску взвешенного ориентированного подграфа во взвешенном ориентированном графе. В зависимости от условий, будут изменяться только критерии поиска.

Задачу поиска можно поставить разными способами:

поиск полного совпадения данных;

поиск совпадения структур.

Так как искомые данные могут как полностью повторять данные (либо только структурой, либо полностью), так и быть их частью, следовательно, необходимо реализовывать поиск подструктур, ведь случай, когда подмножество является самим множеством, является частным.

При соответственном равенстве всех подструктур (при условии, что выделение подструктур выполнено таким образом, что совокупность подструктур образует исходную структуру), можно сделать вывод о равенстве структур, а в случае с полным совпадением данных, то совпадают не только связи, но и сами вершины графов.

Для сравнения подструктур, мы будем представлять их в виде совокупности путей. Сравнивая попарно пути, и проверяя их различные комбинации, как в искомом, так и в исходном графах, мы получим две матрицы взаимосвязей между путями. Сравнив взаимосвязи между путями, мы сможем сделать вывод о равенстве путей. Если структуры полученных путей равны, следовательно, структуры равны.

Вывод: Сравнив все пути в искомом графе с путями данного, и отобрав те структуры которых совпали, мы сможем сделать вывод о совпадении структур самих графов. Если совокупность структур первого и второго графа совпадают соответственно, т.е. совпадают ориентированность, веса, и взаимное расположение путей, следовательно, структуры равны.

Организация и оптимизация атаки Хастада на алгоритм RSA

Кишкель М.Л.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
kishkel.misha@mail.ru

Одной из главных задач криптографии является обеспечение конфиденциальности данных. Существуют два основных типа криптосистем: это системы с ассиметричным шифрованием (системы с открытым ключом) и системы с симметричным шифрованием. Симметричные системы можно считать классическими, в таких системах используют один секретный ключ. В ассиметричном шифровании используются два ключа: открытый,

известный всем, с его помощью шифруют данные, и закрытый, держится в тайне и используется для расшифровки.

Самым популярным алгоритмом шифрования с открытым ключом является RSA, математической основой которого стали кольца вычетов, а криптостойкость основывается на сложности задачи факторизации больших чисел. Для шифрования сообщения m его возводят в степень E по модулю N, где N – произведение двух простых чисел, E – открытая (шифрующая) экспонента, взаимно простая с φ(N), являющимся значением функции Эйлера от N. Дешифрование – это возведение зашифрованного сообщения в степень d по модулю N, где d – секретная (дешифрующая) экспонента, мультипликативно обратная к E по модулю φ(N). Пара (E, N) является открытым ключом, а пара (d, N) – секретным ключом.

При проектировании криптосистемы RSA люди могут выбирать малое значение шифрующей экспоненты для ускорения процесса шифрования. Но подобные системы становятся уязвимы для атак, одной из которых является атака Хастада. Алгоритм данной атаки базируется на применении китайской теоремы об остатках (КТО) к k сообщениям (k ≥ E), зашифрованным с помощью одной открытой экспоненты. Результатом применения КТО является число, корень n-ой степени из которого даст открытое сообщение. Иногда для защиты сообщениям добавляют фиксированные перестановки, но даже в этом случае атака Хастада остается эффективной: сообщения можно интерпретировать как набор k нормированных многочленов степени E, тогда согласно теореме Копперсмита, утверждающей, что корни таких нормированных многочленов можно найти за полиномиальное время, получают корень, который является исходным сообщением.

Организация, реализация и оптимизация атаки Хастада является интересной математической и алгоритмической задачей, требующей реализации и оптимизации нетривиальных математических задач: КТО, алгоритм приведения LLL базиса, теорема Копперсмита и многие другие. Атака Хастада была представлена в 1988 году, но и на сегодняшний день является самой эффективной атакой на алгоритм RSA с маленькую шифрующей экспонентой, результатом хорошей реализации данной атаки является возможность дешифровывать сообщение, зашифрованные с помощью самого популярного ассиметричного алгоритма шифрования.

Для реализации данной задачи был выбран язык программирования C++, библиотеки GNU Multi-Precision Library, Crypto++ и NTL для эффективной работы с большими числами, целочисленными решетками, полиномами, математическими структурами и криптографическими алгоритмами. Реализованное приложение позволяет эффективно организовывать, применять и исследовать атаку Хастада на алгоритм RSA.

Проблемы реализации стека OpenGL для встраиваемых систем

Клименко А.В., Кордовер К.А., Малкин А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Брехов О.М.
МАИ, каф. 304
a.v.klimenko@mai.ru

Спецификация OpenGL значительно упрощает адаптацию прикладного программного обеспечения, ориентированного на обработку 2D и 3D графики, под различные аппаратные платформы и операционные системы. Однако эффективность работы таких приложений в каждом случае полностью зависит от конкретной реализации программного интерфейса (Application Programming Interface, API) OpenGL.

Важнейшей задачей при реализации OpenGL для некоторой программно-аппаратной платформы является обеспечение наиболее эффективного использования графической аппаратуры для получения максимальной производительности, причем, если аппаратные средства не поддерживают часть функциональности, описанной в спецификации, то эта функциональность должна быть реализована программно. При этом задачи первичной обработки вызовов API OpenGL, непосредственного доступа к графическому оборудованию, управления памятью и обеспечения совместного использования приложениями устройств отображения информации делегируются

различным программным модулям, которые в совокупности образуют стек OpenGL. Данный стек обычно содержит драйвера устройств, модули ядра операционной системы (ОС), а также библиотеки предобработки функций программного интерфейса. Начиная с версии OpenGL 2.0, реализации должны также включать в себя компилятор языка шейдеров (OpenGL shading language, GLSL).

Важно отметить, что спецификация OpenGL не является самодостаточной, так как не описывает процессов взаимодействия приложений с оконной системой целевой платформы. В связи с этим стек OpenGL должен содержать реализацию одной из сопутствующих спецификаций, содержащих описание соответствующего API. Примерами таких спецификаций могут служить платформонезависимая EGL и GLX, предназначенная для систем на основе X window system.

В настоящее время особенно актуален вопрос реализации стека OpenGL для встраиваемых систем, что связано с развитием технологий визуализации в таких областях промышленности, как автомобильная, авиационная, аэрокосмическая.

Встраиваемые системы аэрокосмического применения отличаются высокими требованиями к надежности и имеют существенные ограничения по массогабаритным характеристикам, что определяет соответствующие требования для программного обеспечения (ПО) и аппаратных средств (АС). В частности, ПО имеет существенные ограничения на максимальный объем занимаемой памяти, а аппаратные средства таких систем обычно имеют сравнительно низкую производительность и должны обеспечивать минимальное энергопотребление.

Существуют специализированные версии спецификации OpenGL - OpenGL ES (Embedded Systems) и OpenGL SC (Safety Critical), описывающие API OpenGL для встраиваемых систем. Основным отличием данных спецификаций является ограниченный набор функций, обусловленный устранением различных видов избыточности.

В работе рассмотрены особенности спецификаций OpenGL для встраиваемых систем (на примере OpenGL ES 2.0 и OpenGL SC 1.0.1), выявлены основные компоненты программного стека, которые должны быть реализованы на целевой программно-аппаратной платформе в случаях наличия и отсутствия аппаратного ускорения. Проведен аналитический обзор реализаций OpenGL для встраиваемых систем с открытым исходным кодом, включающий выявление основных программных и аппаратных зависимостей (на примере проекта Mesa 13.0.4), а также формирование требований к целевым аппаратно-программным платформам.

Стеганографический программный комплекс обмена информацией

Князев А.А.
Научный руководитель – Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
knyazevalexey1995@gmail.com

В настоящее время практически все пользователи персональных компьютеров обмениваются сообщениями. В связи с этим актуальна проблема конфиденциальности передаваемых данных. Помимо криптографии для решения подобных проблем возможно применение методов цифровой стеганографии, которые позволяют скрытно передавать данные в цифровом контейнере (изображениях, аудио- и видеофайлах).

Целью данной работы является разработка системы обмена сообщениями, скрытыми в изображениях формата JPEG. Для скрытия данных возможно использование методов LSB (Least Significant Bit, наименьший значащий бит (НЗБ)), в которых последние значащие биты в контейнере заменяются на биты встраиваемого сообщения. Но данные методы являются неустойчивыми к различным видам атак, поэтому было решено скрывать информацию в частотной области изображения, для чего выбран алгоритм Бенхама, в котором выполняется встраивание данных в коэффициенты дискретного косинусного преобразования (ДКП). Данный алгоритм был выбран по следующим причинам:

Устойчивость встроенных данных к атакам сжатием, так как в алгоритме используется то же преобразование, которое будет использовано при возможной компрессии изображения

Низкие визуальные искажения изображения-контейнера вследствие встраивания сообщения только в «пригодные» для этого блоки, т.е. в те блоки, которые не имеют резких переходов яркости и не являются слишком монотонными

Возможность модификации, как отдельной части, так и всего изображения

Отсутствие необходимости в исходном изображении при извлечении скрытых данных

Устойчивость алгоритма к различным искажениям и шумам

Для начала изображение-контейнер разбивается на блоки 8×8 пикселей. Затем к отдельным блокам применяется ДКП. В получившемся наборе матриц коэффициентов для каждого блока псевдослучайно выбираются три коэффициента. Для встраивания в изображение единичного бита из передаваемого сообщения, коэффициенты изменяются так, чтобы третий стал меньше двух других, для встраивания 0 – больше. В случае достаточно сильного искажения изображения в результате встраивания, данный блок не используется.

В целях повышения безопасности, передаваемые данные перед встраиванием в контейнер будут шифроваться посредством алгоритма AES.

В ходе работы над данной темой было разработано .NET-приложение на языке C#, в котором реализован алгоритм встраивания и извлечения сообщений, шифрование сообщений, а также разработан пользовательский интерфейс с помощью технологии WPF.

Сетевой контроль технических средств мобильных комплексов

Князьков С.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Максимов Н.А.
МАИ, каф. 308
stknyazkov@mail.ru

В современном мире ценность информации очень высока. В периоды информационных войн особенно остро ощущается необходимость взащите любой передаваемой информации. К сожалению, абсолютной защиты информации не существует, и периодически могут возникать проблемы из-за утечки важной (или секретной) государственной информации. Для предупреждения подобных случаев необходим жесткий контроль как за самим процессом передачи информации, так и за устройствами, её передающими.

Остановимся поподробнее на проблеме контроля технических средств (ТС). В качестве примера можно привести некий мобильный комплекс, используемый, например, в спутниковой системе связи. Вся аппаратура располагается на платформе транспортного средства, что позволяет развернуть на ней местную локальную вычислительную сеть (ЛВС) для взаимодействия ТС. Подобные комплексы включают в себя несколько комплектов ТС: комплект средств радиосвязи, комплект средств спутниковой связи, комплект вычислительных средств, сетевого и периферийного оборудования и другие. Связь между комплектами осуществляется с помощью множества коммутаторов, при этом главным «блоком» является бортовая система контроля (БСК) мобильного комплекса. Наиболее простым и распространённым способом контроля технических средств является протокол Simple Network Management Protocol (SNMP), или «простой протокол сетевого управления». Он идеально подходит для осуществления управления устройствами различных IP-сетей на базе архитектуры TCP/IP, или, простыми словами, коммутаторами и роутерами. В его состав входят 5 составляющих:

- Система обеспечения сетевого взаимодействия
- Программа-менеджер
- Программа-агент
- База данных MIB
- Управляемое устройство

У администратора находится приложение-менеджер, предназначение которого – опрос устройств, на которых установлено приложение-агент и, в зависимости от результатов опроса, управление ими. При помощи системы обеспечения сетевого взаимодействия администратор и управляемое устройство могут взаимодействовать. Роль базы данных MIB - описывать структуры данных, обмен которыми производится в процессе управления устройствами. Соответствующий раздел MIB фактически позволяет разместить информацию о том, что задействуется для управления КОНКРЕТНЫМ устройством непосредственно на нем. Уникальность (и универсальность) протокола SNMP в том, что администратор может проводить администрирование и мониторинг сети БЕЗ использования специальных программ, функционал которых рассчитан только на мониторинг различных сетевых процессов.

Добавляя новые условия в MIB, можно повышать уровень контроля и, тем самым, уровень безопасности. Например, можно добавить в неё номера моделей всех ТС, которые должны быть в сети, и, если вдруг противник заменит один из коммутаторов своим, то БСК при запросе номера модели коммутатора определит, что его нет в базе, и коммутатор противника будет заблокирован. Однако, как уже говорилось выше, АБСОЛЮТНОЙ защиты информации не существует. Но мы можем стремиться к подобному уровню безопасности, постоянно расширяя количество контролируемых параметров.

Агрегирование объектами с помощью параметрического полиморфизма в порождающем шаблоне проектирования как решение в параллельной разработке программного обеспечения на примере языков программирования Java и C++

Ковалев А.В., Лакштовский И.А.
Научный руководитель – Кейно П.П.
МАИ, каф. СМиИГ
anton_kovalev@list.ru

Проектирование программного обеспечения – этап разработки программного обеспечения, на котором определяются как инструменты, которые используются для решения конкретных задач, так и архитектура, которая описывает объектную модель приложения: структуру объектов, связи, атрибуты, состояние и поведение.

При параллельной разработке программного обеспечения несколькими разработчиками часто возникают конфликтные ситуации, связанные с непредвиденным изменением одним из разработчиков работы бизнес-логики некоторого модуля приложения, который разрабатывает другой разработчик. При этом абстрагирование изменений с помощью системы управления версиями путем ответвлений программного кода применимо не в каждом случае – например, в ситуации, когда разработчики взаимосвязаны и реализуют задачи, основываясь на последних изменениях программного кода другого разработчика.

Мы столкнулись с описанной выше ситуацией на конкретном примере разрабатываемого приложения. А именно, при разработке приложения, в котором пользователь должен будет взаимодействовать с приложением как в одиночном режиме, так и в сетевом. Один из разработчиков реализует одиночный режим приложения, второй – сетевой, но оба разработчика взаимодействуют с общими компонентами программного обеспечения. Необходимо разработать архитектуру приложения, которая будет решать конфликтную ситуацию влияния изменений программного кода одного разработчика на логику работы программного кода у другого разработчика.

Для решения задачи использовалась одна из парадигм объектного-ориентированного программирования – параметрический полиморфизм. Агрегирование параметризованными объектами происходит на примере порождающего шаблона проектирования – объектного пула, который представляет собой список заранее инициализированных объектов, готовых для использования.

На примере языков программирования Java и C++ была разработана шаблонная архитектура приложения, которая может использоваться при параллельной разработке

модулей программного обеспечения, решая конфликтные ситуации изменения программного кода.

Система электронного документооборота деканатов подразделений университета

Коваленко И.С., Поваляев П.П., Шариков Д.В.
Научный руководитель – профессор, к. ф.-м. н. Костиков Ю.А.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
ivan.kovalenko@bk.ru

Работа деканата заключается в правильной последовательности и четкой организации оформления документов, где каждый документ требует отдельного подхода и постоянного контроля до его вступления в юридическую силу. Разработанная система позволяет упростить подготовку документов и контролировать все изменения по студентам, относящихся к конкретному подразделению.

В деканате должна собираться вся информация о студентах, например, все приказы или распоряжения, относящиеся к студентам и разрешённая личная информация, которая накапливается в течении прохождения обучения (текущая аттестация, оценки за зачётно-экзаменационную сессию и другая информация). Быстрый доступ к этой информации позволяет оперативно анализировать успеваемость обучающихся и своевременно реагировать на недобросовестных студентов, а также хранение всех нормативных документов по студентам упрощает поиск нужной информации для подготовки различных справок об обучении и другой документации, в которой необходимо указывать данную информации.

Основная задача деканата - это подготовка различных нормативных документов. В разработанной системе, вся информация о студентах хранится в файле в формате Excel - это позволяет корректировать данные неквалифицированному пользователю, не используя нашу программу. В данном файле хранится разрешенная личная информация о студентах, а также информация о всех вышедших приказах (вступивших в юридическую силу), которые относятся к конкретным студентам. Успеваемость всех учащихся хранится в электронных ведомостях (в файлах в формате Excel). На основании нормативных документов разработаны алгоритмы для генерации различных документов: проектов приказов (об отчислении, о назначении государственной академической, социальной стипендии, об оказании материальной поддержки), а также всех необходимых для них документов, ведомостей для зачетно-экзаменационной сессии, как бумажных, так и электронных, справок об обучении, списков должников за любое число и различных сводок по успеваемости.

Для реализации данной системы был выбран язык программирования Python, управление данной программой реализовано при помощи графического фреймворка PyQt4 для языка программирования Python. Для возможности использования данной программы несколькими пользователями одновременно реализована модель «Клиент-сервер». Данная модель реализована при помощи событийно-ориентированного сетевого фреймворка TwistedQt. Для исключения несанкционированного доступа к информации через интернет взаимодействие клиента и сервера осуществляется по локальной сети. Также для генерации различных нормативных документов и отчётов в формате Excel используется библиотека openpyxl и win32com.client для генерации файлов в формате Word.

Использование данного программного обеспечения позволяет существенно сократить нагрузку сотрудников деканата, а также сокращает до минимума вероятность возникновения ошибок в ходе подготовки различных документов.

Разработка автоматической системы захвата и перемещения предметов

Козлова А.С., Серякова С.А., Котляр Д.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ломанов А.Н.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. ВС
ann.kozz@mail.ru

В современном мире человек хочет все больше облегчить и обезопасить свою жизнь из-за чего возникает потребность в создании роботов, которые могут выполнять определенные задачи такие как роботы-манипуляторы. Манипулятор может перемещать из одного места агрегат, деталь, заготовку, узел или иные изделия в другое, например, в строительстве используется робот-манипулятор для перемещения очень тяжелых вещей, или перемещение веществ, которые могут нанести вред человеческому организму или просто для упрощения жизни человека. Сложности могут возникнуть на всех этапах данного алгоритма, начиная с определения местонахождения заготовки и заканчивая этапом расцепления клешней (распространенная проблема – неаккуратное обращение с предметом, который перемещается), а также низкая скорость работы, недостаточная точность позиционирования.

Разрабатываемому манипулятору необходимо знать расположение предметов, чтобы правильно переместить клешню к предмету и произвести его захват. Возникает необходимость разработки новой системы, способной достаточно точно определять положение объекта в пространстве, а также его угол поворота. Эта задача будет решена с помощью ультразвукового датчика расстояния.

Манипулятор представляет собой подобие человеческой руки с клешней для захвата предметов. В состав конструкции входят четыре сервопривода, которые применяются для перемещения руки и две сервомашинки, которые используются для вращения клешни и захвата. Для определения нахождения предметов будет использоваться ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04. Сенсор дальномера работает, посылая ультразвуковой пучок и по задержке отражённого от объекта сигнала определяет расстояние до цели. В отличие от инфракрасных дальномеров на него не влияют источники света или цвет предмета.

В данной работе была поставлена главная задача – определения положения манипулятора для захвата объекта, расположенного на плоскости поверхности, а также вычисления необходимых для этого условий. Для решения этой задачи было решено ввести трехмерную систему координат, которая задает положение манипулятора. В качестве входных данных используется угол поворота относительно поверхности устройства захвата (ϕ'), а также координаты x, y, z. Изначально рассматриваем манипулятор из положения сверху и находим необходимый угол поворота и нужную его длину. Для того, чтобы определить основной угол поворота всего манипулятора (Υ), используется формула нахождения арксинуса в прямоугольном треугольнике. А чтобы найти необходимую длину манипулятора, которую он должен будет принять, используется теорема Пифагора. Далее рассматриваем отдельно поворот каждого плеча манипулятора и высчитываем для них углы поворота – α, β, ϕ и проекции длин и высот на плоскость поверхности. Найдем эти значения через формулы нахождения синуса и косинуса угла в прямоугольном треугольнике. Две из этих проекций z3 и l3 мы можем найти, так как нам известны длина плеча и угол ϕ'. Далее нужно вычислить размер каждого из данных углов, относительно поверхности, назовем их α', β', ϕ'. Так как ϕ' нам известен, то найти требуется только α' и β'.

В рамках данной работы был разработан алгоритм, который позволяет перемещать предметы в пространстве, используя систему захвата манипулятором. Разработанная система позволяет определить необходимые углы поворота сервоприводов, с помощью ультразвукового датчика расстояния. Был определен необходимый диапазон движения манипулятора, на котором он может производить захват предметов.

Методика обнаружения современных кибератак на устройства Интернета вещей

Козяков Я.Е., Орехов И.Е., Смирнова Ю.С.
Научные руководители – Епифанцев С.В., Сильнов Д.С.
Школа №1770, МИФИ
loginyek@gmail.com

Интернет вещей (Internet of Things, IoT) – это новый этап развития Интернета, значительно расширяющий возможности сбора, анализа и распределения данных, которые человек может превратить в информацию и в знания. В этом смысле Интернет вещей приобретает огромное значение. IoT-устройства взаимодействуют друг с другом, то есть происходит взаимодействие устройство-устройство, которое не требует вмешательства человека. В настоящее время распространено большое количество IoT-устройств, в число которых входят разнообразные датчики, умные дома, беспилотные автомобили, системы управления, медицинское оборудование и так далее, которые сами по себе представляют потенциальную мишень для атаки злоумышленниками.

До недавнего времени атаки на IoT-устройства были направлены в первую очередь на хищение данных пользователей, однако сейчас злоумышленников больше интересует контроль над устройством с целью включения его в ботнет и осуществления DDoS-атак. Особой популярностью у киберпреступников пользуются различные модификации трояна Mirai, который перебирает пароли, а также непосредственно метод подбора паролей опытным путем.

В процессе проведённого исследования был определен алгоритм действий злоумышленника (по определению любой человек, который пытается получить несанкционированный доступ к чужому устройству) для подключения к IoT-устройствам путем подбора логина и пароля. При использовании ip-адреса IoT-устройства, к которому злоумышленник хочет подключиться, можно выполнить запрос приветственного сообщения, с помощью которого производится определение типа устройства и, впоследствии, подбираются соответствующие пары логин-пароль.

Среди прочих, особенно распространены такие учётные данные, как: root, admin, service, administrator, user, guest, service – логины; admin, (none), support, 11111, 12345, service, qwerty, user, password, pass, 1234 – пароли. Перечислена лишь часть популярных пар логин-пароль из используемых по умолчанию. Таких пар гораздо больше, поэтому злоумышленнику очень важно понимать, с каким устройством происходит взаимодействие. Определить тип, а иногда даже модель, устройства можно по ответу на отправленный запрос: произведя поисковый запрос в Интернете по полученным от устройства данным. Каждому устройству соответствуют свои логины и пароли по умолчанию, которые также можно найти в Интернете в открытом доступе.

Важно понимать, зачем злоумышленнику подключаться к устройствам Интернета вещей. Для определения способов взлома устройств и мотивации злоумышленника предлагается использовать технологию Honeypot (с англ. – «горшочек с мёдом») – ресурс, представляющий собой приманку для злоумышленников.

Задача Honeypot – подвергнуться атаке или несанкционированному исследованию, что впоследствии позволит изучить стратегию злоумышленника и определить перечень средств, с помощью которых могут быть атакованы реально существующие устройства и ресурсы Интернета.

Для злоумышленника Honeypot представлен как некое, ничем не отличающиеся от реальных, IoT-устройство. По факту подключения злоумышленника можно будет проанализировать его действия. С учетом того, что, подключившись к устройству, злоумышленник получает доступ к личной информации или получает возможность проводить DDoS-атаки, Honeypot играет важную роль в разработке систем обеспечения информационной безопасности.

Сравнительный анализ методов определения типологических особенностей человека-оператора

Колмаков С.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Назаренко Н.А.
СПбГЭТУ «ЛЭТИ», каф. ИС
s.kolmakov1992@gmail.com

В современном мире работа человека-оператора (Ч-О), несмотря на появление сложных автоматизированных систем управления, становится все более востребованной и ответственной.

Одним из методов поддержки работы оператора является прямое воздействие на человека сигналами различной модальности. Однако при применении данного метода следует помнить, что воздействие одинаковым сигналом окажет различный эффект на каждого индивидуума. Ответ здесь следует искать в области типологических различий людей. Отсюда следует вывод, что необходимо иметь надежный и быстрый метод определения тех или иных особенностей индивидуума, позволяющий определить его типологические особенности и составить необходимую программу сигналов, направленных на коррекцию функционального состояния Ч-О.

Все без исключения типологические особенности человека можно определить при помощи следующих методов:

- тесты;
- интервью со специалистом;
- игровые программы.

Самый популярный способ определения типологических особенностей проведение всевозможных опросов. Для каждого из видов типологических особенностей Ч-О можно выделить свой опросник. Для определения темперамента – тест Айзенка; опросник структуры темперамента В.М. Русланова; для определения степени функциональной асимметрии широко применяется тест Павлова, а так же опросник П. Торранса; для определения психологического типа применяются тесты Майерс-Бриггс, опросник К. Юнга. Наряду с этим часто применяются проективные психодиагностические методики для исследования личности. Однако, несмотря на то, что большая часть подобных методов имеет довольно высокую степень достоверности (от 0,47 до 0,69, при разрозненном тестировании, и до 0,96 при использовании в батарее тестов), все подобные тесты требуют больших временных затрат. Попытки использовать проективные методики для сокращения времени на данный момент не привели к желаемому результату – валидность подобных тестов не превышает 0,38.

Использование интервью со специалистом так же не приносит желаемого результата, т.к. на ряду с огромными затратами по времени и на оплату труда эксперта, мы сталкиваемся с проблемой субъективизма в оценке. Проблема решаема использованием нескольких экспертов одновременно и обработкой результатов их оценок, однако, это лишь увеличивает затраты по времени и средствам.

Использование игровых программ позволяет в достаточно сжатый срок и с высокой точностью (по некоторым исследованиям до 0,95) определять сразу большой набор психологических характеристик Ч-О, таких как когнитивный стиль деятельности, силу нервной системы и т.п. Однако данные методики отсутствуют в широком доступе и зачастую присутствуют на рынке как инструменты профессионального отбора.

В данной работе был проведен сравнительный анализ различных методов определения типологических особенностей человека. В ходе сравнительного анализа установлено, что наиболее точной и подходящей по времени возможностью определения характеристик человека является использование игровых программ, однако существующие аналоги требую существенной доработки для применения в разрезе необходимого исследованию.

Применение вейвлет-анализа в решении задач диагностики линейных динамических систем

Конышева В.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Шаронов А.В.
МАИ, каф. 308
konysheva.vict@gmail.com

Диагностика линейных динамических систем остаётся актуальной задачей на сегодняшний день. Однако, стоит отметить что, большинство реальных систем являются нелинейными. Можно назвать ряд причин сохраняющегося интереса к вопросам диагностирования динамических систем в целом и линейных динамических систем в частности, но, прежде всего, это принципиальная возможность линеаризации большого класса нелинейных систем и перенесения результатов решения задачи диагностирования на исходные системы.

Процесс функционирования динамических систем неотделим от процессов старения элементов и выхода их из строя, следовательно, это ведет к невыполнению поставленных целей. В этой связи оперативное выявление моментов сбоя и определение параметров, приводящих к ним, является необходимым для принятия мер к сохранению работоспособности систем.

Основная проблема, возникающая в задачах диагностирования сложных динамических систем, состоит в том, что для её решения необходимо проводить измерения всех координат вектора состояния, в которых может содержаться информация о значениях параметров математических моделей, которые адекватно описывают их свойства. Однако измерение всех координат вектора состояния по разным причинам, одной из которых является отсутствие “точек доступа”, представляется не всегда возможным.

В основу одного из подходов, свободного от указанного недостатка, могут быть положены результаты теории динамической фильтрации, позволяющие при соблюдении условий наблюдаемости Р. Калмана, восстанавливать неизмеряемые координаты вектора состояния с последующим их вейвлет-преобразованием.

Такое преобразование, отличается от классического преобразования Фурье тем, что использует набор базисных функций (вейвлетов), которые не только определяют факт изменения свойств систем, но и локализируют моменты возникновения изменений значений тех или иных параметров математических моделей систем.

В данной работе рассматривался один из возможных подходов к решению задачи диагностики линейных динамических систем. Предложенный подход позволяет выявлять моменты сбоя или изменений значений параметров, в основе которого лежат алгоритмы восстановления неизмеряемых координат вектора состояния и их вейвлет-преобразований. Результаты математического моделирования процесса решения задачи диагностики простейшей динамической системы подтвердили его работоспособность.

Макет лаборатории анализа защищенности информации от несанкционированного доступа

Гулянов А.С., Корчагин Н.А.
Научный руководитель – к.т.н. Барсуков О.М.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. ИБ
bom25@rambler.ru

Проведение комплексной проверки безопасности средств вычислительной техники (СВТ) - это достаточно сложная и трудоемкая задача, требующая привлечения значительных ресурсов, одним из которых является подготовленные специалисты в сфере информационной безопасности. В настоящее время существует большое количество программных средств, предназначенных для аудита информационной безопасности, однако возникает проблема в их правильном подборе, настройке и подготовке специалистов по работе с ними. В то же время при проведении подготовки специалистов

по аудиту безопасности СВТ требуются значительные вычислительные ресурсы, что бы смоделировать хотя бы небольшую локальную сеть.

Таким образом, создание макета лаборатории анализа защищенности информации от НСД на СВТ не требующей значительных вычислительных мощностей и установки множества специализированного программного обеспечения является актуальной задачей и позволит эффективно организовать практическую подготовку специалистов по защите информации.

Целью данной работы является создание программного продукта, который будет в состоянии смоделировать функционирования ЛВС и оценку ее защищенности от НСД.

Для достижения поставленной цели необходимо решить две задачи: определить необходимые программные средства аудита безопасности СВТ и предложить методику их применения; разработать программный модуль виртуальной лаборатории для проведения аудита.

Для решения первой задачи необходимо разработать методику оценки защищенности информации от несанкционированного доступа на средствах вычислительной техники, которая будет объединять все необходимые программные средства. Для решения второй задачи необходимо разработать программный модуль, имитирующий локальный компьютер аудитора который в соответствии с разработанной методикой и настроенными программными средствами, будет выполнять анализ защищенности информации от НСД, проверяемых средств вычислительной техники (программный модуль, имитирующий тестируемые компьютеры в составе локальной вычислительной сети).

В рамках решения первой задачи проведен анализ нормативных документов и существующих методик, применяемых для аудита ИБ, который показал, что в настоящее время не существует в Российской Федерации каких-либо обобщенных стандартизированных методик анализа защищенности АС, поэтому в конкретных ситуациях алгоритмы действий аудиторов могут существенно различаться. Предлагаемая методика включает в себя следующие основные этапы: испытания подсистемы управления доступом; проверка механизма идентификации; проверка механизма аутентификации; проверка механизма контроля доступа; проверка механизмов управления потоками информации; проверка подсистемы регистрации и учета; проверка подсистемы обеспечения целостности; проверка антивирусной подсистемы при помощи специализированных программных средств.

В рамках решения второй задачи разработана виртуальная лаборатория, которая представляет собой сконфигурированный набор отдельных программных модулей, объединённых единым интерфейсом управления, что позволяет пройти курс обучения аудита безопасности СВИ от начальных теоретических знаний до формирования практических навыков работы.

Оценка характеристик пользователя с помощью видео игр

Косматых А.Е.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Гагарин А.П.
МАИ, каф. 304
kosmatih.aleksandr@gmail.com

Индустрия видео игр развивается и охватывает всё больше людей как регулярный способ провождения ими времени. Исследование NPD Group в 2011 году показало что более 90% детей в возрасте от двух до семнадцати лет играют в видео игры. По данным за 2014 год в России около 32% человек играют в игры. И с каждым годом количество пользователей растет, создавая значительную площадку для проведения социальных экспериментов. В последнее время все чаще исследования поведения людей осуществляются с помощью видео игр. Такие исследования позволяют аккумулировать большое количество информации о поведении игроков без активного участия пользователей в сборе данной информации. Для реализации подобных исследований в игры встраиваются системы, собирающие информацию о поведении пользователя в игре.

Видео игры в наибольшей степени зависят от впечатлений игрока, так как эти впечатления, можно сказать, являются целью пользователя при игре. Автоматизированное отслеживание характеристик пользователя позволяет оценивать качество впечатлений пользователя от игры. Это оказывается крайне эффективным инструментом при разработке видео игр. На этапе тестирования данный подход может помочь получить разработчику интересующую его информацию, даже если данная информация не фиксируется тестировщиками или не доступна для них. Накопленные при этом данные могут оказаться информативнее отчёта тестировщика, так как люди не всегда могут дать объективное объяснение свой оценки из-за большого количества взаимосвязанных аспектов в игре. Данный подход применим и на этапе поддержки и сопровождения игры, после её распространения. Он позволяет получать информацию от рядовых пользователей, с которыми в отличие от тестировщиков не имеется средств прямой связи. Опыт игры у пользователей может отличаться от того, который показывают люди, работающие в данной сфере, информацию о нём затруднительно получить вне данного подхода.

Отслеживание и анализ характеристик пользователя полезны на большинстве этапов жизненного цикла игровых проектов, позволяя разработчику получать информацию, необходимую для улучшения своего продукта, развивать и акцентировать в игре аспекты, наиболее хорошо оценённые пользователями, и сокращать аспекты, воспринятые негативно. Однако при этом необходимы дополнительные усилия по реализации механизмов отслеживания и встраивании их в игры. Ключевым является правильный выбор отслеживаемых характеристик, которые могут сильно различаться в различных игровых проектах и задачах анализа.

В докладе рассматривается применение данного подхода при разработке типового игрового проекта. Приводится описание отслеживаемых характеристик и метод их обработки, а также информация, получаемая с их помощью. Описано проведённое в соответствии с планом тестирование разрабатываемой игры, и оцениваются полученные при этом данные. По результатам эксперимента сделаны выводы о полезности применения данного подхода и возможности с его помощью улучшить разрабатываемый продукт.

Исследование алгоритмов решения NP-трудных задач комбинаторной оптимизации.

Косолапов А.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
A.Kosolapov.qw@yandex.ru

Задача коммивояжёра – важная задача транспортной логистики, отрасли, занимающейся планированием транспортных перевозок. Является почти самой известной задачей комбинаторной оптимизации, которая основывается на поиске самого выгодного пути, проходящего через выбранные города по одному разу.

Обычно в условиях задачи коммивояжёра указываются критерии, позволяющие выбрать наиболее выгодный маршрут. Например: кратчайший, наиболее выгодный, совокупный критерий и так далее. Учитывая тот фактор, что все указанные города необходимо посетить единожды – выбор оптимального маршрута сводится к поиску гамильтоновых циклов.

Задача коммивояжёра относится к числу трансвычислительных: уже при относительно небольшом числе городов она не может быть решена с помощью метода полного перебора. Конечно, можно попробовать найти точное решение задачи коммивояжера и вручную вычислить всевозможные маршруты и выбрать наименьший. Но зачастую это просто невозможно.

Существует некоторое количество методов решения задачи коммивояжера.

В их числе:

- Метод имитации отжига
- Метод минимального остовного дерева

- Жадные алгоритмы
- Метод эластичной сети
- Метод генетических алгоритмов
- Метод муравьиной колонии
- Метод ветвей и границ
- Всевозможные эвристические методы и модификации вышеперечисленных методов

Для исследования этих методов разрабатывается система, моделирующая задачу коммивояжера с различными условиями. Будет проведен анализ всех методов с целью - выявить их преимущества и недостатки, а также предложить наилучшее решение для конкретной задачи.

Способы расширения функциональности Siebel CRM

Косяков Ю.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Гуснин С.Ю.
МАИ, каф. ИСТ
ykosyakov@gmail.com

Для реализации различных процессов и проведения вычислений в Siebel CRM имеется два основных средства: Workflow Process (Поток операций) и Business Service (Бизнес-служба). Оба средства дают возможность вызывать друг друга и в совокупности позволяют реализовать практически любые требования.

Workflow Process – это сущность, реализуемая UML-подобными средствами, на базе Siebel CRM, позволяющая создавать и управлять любые требуемые процессы. Все созданные процессы автоматически преобразуются CRM-системой в C++ код и выполняются на сервере.

- Плюсы:
- Скорость выполнения
- Наглядность и простота поддержки
- Для внесения изменений не требуется остановка сервера.
- Минусы:
- По умолчанию поддерживаются только простейшие операции вычисления.
- Сложность первоначальной разработки.

Business Service – встроенная в Siebel CRM сущность, являющаяся по своей сути библиотекой – набором функций, написанных на языке eScript (eScript – JavaScript-подобный язык, основанный на стандарте ECMAScript), которые позволяют выполнить любые требуемые операции на сервере Siebel. Тем не менее Oracle советует и доказано на практике, что к написанию собственных скриптов стоит прибегать в последнюю очередь, когда нет других вариантов, так как зачастую поддержка написанных библиотек требует больших постоянных трудозатрат.

Плюсы:

- Возможность реализации любых требований
- Скорость разработки
- Есть множество готовых решений, например: чтение данных из файлов любого формата, отправка файлов через протоколы SOAP, JMS.
- Минусы:
- Сложность поддержки
- Менее производительны, чем Workflow.
- Для внесения изменений требуется остановка сервера.

Зачастую написанный код требует значительного рефакторинга при любом изменении требований или обновлении CRM в целом.

eScript – встроенный язык программирования, используемый для расширения базовой функциональности Siebel CRM. Он предоставляет доступ к локальной системе сервера подсредством библиотек Clib и SELib.

Автоматизированный сервис выдачи заданий по линейной алгебре и аналитической геометрии для ВУЗов авиационного профиля

Кохановский А.А.
Научные руководители – Егорова Е.К., доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
lordika@mail.ru

Требования к знаниям по математике учащихся технических и естественнонаучных направлений заметно выше, чем к учащимся гуманитарных и экономических направлений. Если рассматривать аэрокосмическую отрасль, то требования повышаются вместе с ответственностью выпускника.

При этом качественная и быстрая оценка знаний учащихся всегда была сопряжена с трудностями для преподавателя. Получение взвешенной и объективной оценки состоит в периодической проверке отработанного учебного материала. К сожалению, в случае частой проверки знаний возникает проблема повторяемости заданий.

Для решения указанных проблем предлагается разработать сетевой портал выдачи уникальный заданий. Главное преимущество разработанного портала состоит в том, что он подготавливает уникальные варианты контрольных по большинству тем для большого числа учащихся.

Принцип работы портала заключается в следующих пунктах:

В работе используются подготовленные профессиональными преподавателями типовые задания по алгебре и аналитической геометрии.

Данные типажи (в конечном счёте) представляются на языке LaTeX.

Подготовка указанных типажей производится не только на языке LaTeX, но и может быть составлена с помощью программ на практически любом языке программирования высоко уровня – например C, C++ и python.

Для удобства обработки сами типажи и информация об учащихся (ФИО, группа, результаты тестирования) хранятся в БД под управлением СУБД PostgreSQL.

Далее на основе выбранных типажей формируются индивидуальные контрольные работы.

Выбранные типажи имплементируются в два документа LaTeX с собранной контрольной: с задачами и с ответами.

Подготовленные документы посредством LaTeX’а формируются в PDF файлы.

На заключительном этапе студент может получить задание в своем личном кабинете.

Также, при соответствующих настройках, файл с контрольной может быть выслан на электронную почту студента.

В данном комплексе могут быть сгенерированы контрольные по 20 разделам линейной алгебры и аналитической геометрии. В каждом из разделов по несколько различных типов задач.

В дальнейшем планируется расширить функционал системы следующим образом:

Добавление методических пособий для студентов по линейной алгебре и аналитической геометрии.

Добавление возможности для студентов генерации тренировочных заданий с готовыми ответами к ним.

Добавление типажей по другим разделам математики.

Web сервис разработан с использованием языка python и фреймворка Django. В настоящее время комплекс используется в учебном процессе кафедры «Прикладная математика, информационные технологии и электротехника».

Разработка программного модуля для скрытия данных в акустических файлах

Ларин А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Кравцов Е.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 54
Lar1kcs@yandex.ru

Существуют два основных направления в компьютерной стеганографии. Первое основано на цифровой обработке сигналов, а второе – на включении в сегменты данных информации других типов. В последнем случае сообщения могут быть встроены в заголовки файлов и заголовки пакетов данных. При этом файл (формат данных), в который включается информация называется стегоконтейнером. Основным требованием к контейнерам является значительное превышение по объему информации по сравнению с встраиваемой. Наибольшее распространение при передаче информации в распределенных системах получило встраивание текстовых и других малых по объему данных в файлы мультимедиа, особенно в акустические файлы. Данные обстоятельства необходимо учитывать при контроле целостности информации, предупреждении незаконного распространения программ и данных с целью защиты информации.

В данной работе рассмотрено встраивание исполнительных файлов в акустические данные, за счет структуры последних. Формат WAVE содержит две основные области – заголовок файла и область данных. В заголовке файла хранится информация о размере файла, количестве каналов, частоте дискретизации и количество каналов в бит сэмпле (эту величину еще называют глубиной звучания). Область данных включает основные и дополнительные (нетепизированные) сегменты, которые являются главной структурной единицей WAVE файла. Сегмент начинается с четырехсимвольного идентификатора, за ним следует четырехбайтовое число, в котором записано, сколько байтов занимает данный сегмент (исключая первые восемь байтов заголовка), а далее располагается его содержимое. Несмотря на такое внешнее единообразие, сегменты могут иметь совершенно разное функциональное предназначение, и оно полностью определяется идентификатором, с которого начинается сегмент. Дополнительные сегменты в WAVE файлах могут иметь любую структуру и формат не препятствует их включению. Такие сегменты игнорируются при обработке акустической информации. За счет указанной особенности большая по размерам область аудиоданных звукового файла подходит для сокрытия информации. Изменяя значения количества отсчетов, можно скрыть текст, изображение, и даже другой звуковой файл.

Исходный аудио сигнал $s(n)$ разбивается на сегменты sl размером 16 мс, при частоте оцифровки 32кГц, размер сегмента N=512 отсчетов. Каждый сегмент взвешивается с использованием оконной функции Ханна $h(n)$:

$$h(n) = \frac{\sqrt{8/3}}{2} \cdot \left(1 - \cos\left(2\pi \frac{n}{N}\right)\right), \qquad 0 < i < N \qquad 1)$$

Спектр мощности исходного аудио сигнала вычисляется по формуле:

$$S_i(k) = 10\log_{10}\left(\frac{1}{N}\left\|\sum_{n=0}^{N-1} s_i(n) \cdot h(n) \exp\left(-2\pi \cdot i \frac{nk}{N}\right)\right\|^2\right), k = 0..[N/2] \qquad 2)$$

В заключении спектр мощности нормализуется, таким образом, что максимальная интенсивность становится равной 96dB. Для каждой полосы определяется уровень маскирования: SMRsb(n) = Lsb(n)-LTmin(n), что позволяет определить допустимый объем скрываемых данных на основе метода сокрытия информации в наименьших значащих битах. Это позволяет, за счет использования функций создания потоков, реализовать процедуры объединения различных форматов с акустическими данными и процедуры их извлечения без повреждений.

Алгоритм структурно-логического представления демаскирующих признаков объектов радиомониторинга

Сидоренко И.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Кравцов Е.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 54
EvgenijKravtsov@mail.ru

Для выявления нарушений в процессе функционирования современных систем радиомониторинга необходимо обладать высоким уровнем подготовки. Для автоматизации процессов выявления нарушений предлагается использовать структурно-логическое представление демаскирующих признаков объектов радиомониторинга.

В настоящее время отсутствует единая формализованная классификация демаскирующих признаков объектов радиомониторинга и особенностей их проявления в окружающей среде**,** что затрудняет автоматизацию процедур контроля использования ими радиочастотного спектра. Это обстоятельство определяет необходимость автоматической конфигурации математических моделей объектов радиомониторинга.

Демаскирующие признаки объектов радиомониторинга определяются путем сравнения результатов измерения характеристик контролируемых объектов с эталонным представлением демаскирующих признаков. Графически близость двух структур можно представить в виде пересечения диаграмм Венна с общей областью. Идентификацию демаскирующих признаков можно определить как меру их близости (коэффициент идентичности) результатов измерения и их эталонного представления.

Для выполнения этого условия предлагается использовать векторное представление демаскирующих признаков в радиочастотном спектре. Действия демаскирующих признаков объектов радиомониторинга характеризуются направлением и глубиной проникновения в среду.

Такое представление позволило разработать алгоритм для моделирования радиоэлектронной обстановки и выявления демаскирующих признаков объектов радиомониторинга.

В зависимости от месторасположения объектов радиомониторинга и зоны действия их демаскирующих признаков выделяют следующие состояния объектов радиомониторинга:

– разведдоступное с не выявленными демаскирующими признаками: если активная зона h_S^a концентрируется только около средства технической разведки $RE_{si} \in RE_s$, т.е. $\Delta_S^{RE_s} : h_S^a \to RE_s$;

– не разведдоступное с выявленными демаскирующими признаками: если активная зона h_S^a концентрируется только около объекта радиомониторинга (RE_o) (S), где наблюдается его пересечение с действием, т.е. $\Delta_S^S : h_S^a \to S$;

– разведдоступное с выявленными демаскирующими признаками: если активная зона h_S^a концентрируется как около объекта радиомониторинга *S,* так и около средства технической разведки $RE_{si} \in RE_s$ т.е. $\Delta_S^{RE_s S} : \left(h_S^a \to RE_s\right) \wedge \left(h_S^a \to S\right)$;

– не разведдоступное с не выявленными демаскирующими признаками: если активная зона h_S^a концентрируется между объекта радиомониторинга *S,* так и около средства технической разведки $RE_{si} \in RE_s$, а около них отсутствует, т.е. $\Delta_S^0 : (h_S^a \not\to \mathrm{Q}) \wedge (h_S^a \not\to \mathrm{S})$.

Предложенный алгоритм векторного представления демаскирующих признаков объектов радиомониторинга в ТСО позволит обеспечить единый подход к имитации РЭО заданной сложности при решении задач радиомониторинга.

Методика адаптации веб-сайтов к мобильным устройствам

Кузьмина А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Назаренко Н.А.
СПбГЭТУ «ЛЭТИ», каф. ИС
kuzmina3395@gmail.com

Известно, что по данным StatCounter объём мобильного трафика в интернете в октябре 2016 года впервые превысил объем трафика с персональных компьютеров. Также с 21 апреля 2015 Google при составлении поисковых рейтингов учитывает, оптимизирован ли сайт для мобильных устройств. Однако поиск и чтение информации на экране мобильного телефона все еще достаточно неудобны, если сайт не оптимизирован под его особенности. В связи с этим возникает необходимость разработки мобильной версии веб-сайта, но стремительное развитие таких устройств исключило возможность накопления достаточного опыта для создания эргономичных мобильных сайтов.

Целью работы является создание методики адаптации веб-сайтов к мобильным устройствам, а также способов их оценки.

Разработка мобильной версии веб-сайта включает в себя изучение адаптируемого веб-сайта. Для систематизации данного этапа проведено исследование и создана модель оценки веб-сайтов. Далее, в связи с такими особенностями мобильных устройств, как небольшой экран и медленное, непостоянное подключение к сети «Интернет», выделены четыре основных направления адаптации: контент, дизайн, юзабилити и оптимизация работы. Проведено аналитическое исследование литературы и различных примеров адаптированных и не адаптированных под мобильные устройства веб-сайтов. На основе полученных данных, каждое направление уточнено и раскрыто:

контент – необходимо сокращение представляемой информации, адаптация размера и объема мультимедиа-файлов (картинки, видео и т.д.), ранжирование разделов веб-сайта по их важности для пользователя;

дизайн – необходимо сохранить стиль (цвета, логотипы компании и т.д.) полной версии сайта, но упростить его;

юзабилити – необходимо разработать навигацию по сайту, наиболее часто посещаемые страницы расположить в быстром доступе;

оптимизации работы – подразумевает отладку скорости загрузки и плавности работы сайта, исключение всех flash-компонентов, исключение автозапуска видео и gif и т.п.

Методика адаптации веб-сайтов к мобильным устройствам, сформулированная на основе проделанной работы, позволит проектировать качественные и удобные веб-сайты. и создавать положительный опыт работы с ними. Также, благодаря методике, сократится время, затрачиваемое на разработку мобильных веб-сайтов, а сам процесс станет проще.

Для оценки качества адаптации веб-сайтов к мобильным устройствам была разработана модель оценки качества представления информации на веб-сайтах. Модель представляет собой иерархию взаимосвязанных параметров, влияющих на удобство восприятия информации на веб-сайтах. Среди них такие параметры, как размер шрифта, контраст фона и текста, длина строки и т.д. Важное место в модели занимает проверка веб-страниц на доступность использования людьми с ограниченными возможностями. Для всех элементов сформулированы требования по их выполнению. Модель позволяет всесторонне объективно оценить качество адаптации веб-сайтов к мобильным устройствам.

В результате работы разработана методика адаптации веб-сайтов к мобильным устройствам и модель для оценки мобильных сайтов.

Мобильная система организации краткосрочных событий

Курбанов М.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Букин А.Г.
МАИ, каф. 808Б
magomed.1996.k@gmail.com

В настоящее время, с появлением высоких технологий и повсеместно доступной сети интернета люди стали проводить все больше времени за компьютерами, телефонами и другими устройствами которые заменяют реальные отношения, следовательно, становится актуальной проблема поиска новых друзей, единомышленников и других людей для совместного времяпровождения в реальном мире для различного рода занятий, таких как просмотр кино, занятие спортом, путешествия и т.д. Наряду с проблемой поиска, также стоит проблема уменьшения времени затрачиваемого на поиск событий по заданным параметрам в конкретной области. Таким образом возникает необходимость в разработке продукта, позволяющего решить эти проблемы, этим продуктом будет выступать программное средство на операционной системе Android, разработка которого уже ведется в настоящее время.

Программное средство должно позволять просматривать имеющиеся и создавать собственные события, отображать и добавлять эти события на интерактивной карте в виде маркеров, делиться событиями в социальных сетях, синхронизировать эти события с календарем, а также иметь графический интерфейс. Для успешной реализации программного средства также необходимо провести анализ аналогов для выявления их недостатков и преимуществ, который позволит улучшить качество конечного продукта.

После проведенного анализа существующих аналогов программного средства были выявлены следующие недостатки:

Отсутствие русскоязычной локализации;

– направленность исключительно на массовые мероприятия;

– низкая популярность в России, порядка нескольких десятков в самом крупном городе страны – Москве;

– плохо организованы сортировки по параметрам, что усложняет поиск;

– плохо реализована синхронизация с календарем и социальными сетями, поддержка Российских социальных сетей вовсе отсутствует.

Также имеется возможность коммерциализации программного средства путем добавления дополнительных возможностей, однако основной функционал будет являться бесплатным.

Имитационное моделирование в СППР «Космос»

Куренных А.Е., Судаков В.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Судаков В.А.
МАИ, каф. 302
Alex71321@yandex.ru

На кафедре 302 МАИ ведется разработка эффективной объектно-ориентированной системы имитационного моделирования для построения и имитационных исследований дискретных и непрерывно-дискретных имитационных моделей сложных технических систем (СИМ-С#). Целью представленной работы является интеграция «СИМ-С#» и системы поддержки принятия решений (СППР) «Космос», разработанной в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН совместно со студентами и сотрудниками кафедры 302 МАИ [1-3].

СППР «Космос» использовалась для определения приоритетности заявок на космические эксперименты при формировании программ научно-прикладных исследований, проводимых на российском сегменте МКС. Актуальной задачей является имитационное моделирование морских тренажеров, действий СОН и различных вариантов программ космических экспериментов. Подобные задачи характеризуются десятками критериев, поэтому требуется применение современных методов многокритериального анализа альтернатив заложенных в СППР «Космос».

В данной работе предлагается использование имитационных моделей в качестве основы для поддержки принятия решений. Проектируемую систему можно представить с помощью имитационной модели, которая даст оценки характеристик процесса функционирования системы во времени, и с помощью встроенных в СППР механизмов ранжирования и оптимизации можно создать наиболее выгодный для заказчика вариант системы или решения какой-либо задачи [4].

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 16-01-00571-а.

Литература

1. Осипов В.П., Судаков В.А., Хахулин Г.Ф. Информационные технологии формирования этапной программы научно-прикладных исследований на российском сегменте Международной космической станции // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2012, №12, 24-28.
4. Хахулин Г.Ф. Основы конструирования имитационных моделей, М: НПК Поток, 2002.
5. Осипов В.П., Репченков Р.О., Судаков В.А. Методическое и программное обеспечение автоматизации формирования программ космических экспериментов на РС МКС // IX Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования». Москва. ИКИ РАН. 2012.
6. Курённых А.Е., Судаков В.А. Система поддержки принятия решений с возможностью имитационного моделирования. Сборник трудов XXVIII Международной инновационно-ориентированной конференции молодых ученых и студентов – М.: Изд-во ИМАШ РАН, 2017.

Анализ сквозного проектирования и технологических процессов производства многослойных печатных плат

Курочкин В.А.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Баранов П.Н.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
tppisula@mail.ru

Стремительный рост областей, в которых используются системы управления, основанные на блоках из многослойных печатных плат, ведет за собой ужесточение требований к контролю качества производства, скорости передачи и точности сигналов.

Цель настоящего доклада – анализ метода сквозного проектирования электронного блока на примере систем автоматического проектирования (САПР), специализирующихся на построении принципиальных электрических схем и конструктива печатных плат (ПП), рассмотрение технологических процессов производства электронных узлов, а также проведение тепловых испытаний с целью определения изъянов и недочетов в готовом проекте.

Процесс проектирования электронного блока начинается с его математического моделирования. На этом шаге определяется логическая составляющая работы прибора, принцип прохождения сигналов. На основе математической модели создается принципиальная электрическая схема, в которой учитываются электрические параметры устройства и подбираются элементы для будущей компоновки. Следующим шагом является создание конструктива печатной платы и компоновка заданных элементов. На этом этапе определяются габариты прибора, метод получения проводящего рисунка, толщина трасс и количество слоев платы.

Стадия проектирования ПП ставит перед конструктором две основные задачи: решение проблемы тепловыделения, которое может привести к перегреву устройства и выведению его из строя, и устранение возможности возникновения помех, которые приводят к некорректной работе. Первая задача решается путем грамотной компоновки элементов, позволяющей максимально избежать взаимный обмен тепла, а также установка пассивного и активного охлаждения. Проблема помех решается путем установки

экранирования, подбором проводников необходимого поперечного сечения и длины с целью стабилизации электрических импульсов.

Перед запуском испытательной партии приборов следует проводить компьютерные симуляции, позволяющие учесть влияние внешних факторов на работу блока. К таковым относятся взаимное воздействие токов, возникновение эффекта самоиндукции, а также повышение температуры окружающей среды.

При проектировании ПП учитывались ее свойства, влияющие на технологический процесс производства.

В докладе приводятся результаты проектирования многослойной ПП 4 класса точности для изготовления аддитивным методом, подразумевающие наращивание медного слоя определенной толщины, что позволит повысить точность проводящего рисунка и исключит вымывание меди, которое приводит к уменьшению поперечного сечения проводника.

Проектирование многослойной печатной платы осуществлялись в следующих программных пакетах: OrCAD Capture – проектирование электрической схемы; Allegro PCB Design – проектирование конструктива ПП и компоновка элементов; Cadence PCB Router – автоматическая трассировка; Ansys Icepack – тепловые испытания ПП.

Реализация автоматизированной системы структурного тестирования в зависимости от языков программирования

Лакштовский И.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Чумакова Е.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
ilakshtovskiy@mail.ru

Тестирование является важным этапом при разработке программного обеспечения. Без полноценного тестирования продукт, прошедший последующие интеграцию и внедрение, может принести большие убытки производителю, и тогда придётся вернуть программный продукт на доработку, а, следовательно, потерять не только дополнительные средства, но и время. Как бы качественно не создавался код и сколько бы тестов на нём не проводилось, гарантировать полное отсутствие ошибок не может никто. Однако при должном тестировании можно обнаружить и исправить скрытые изъяны и показать, что в основных ситуациях программа работает верно. Один из критериев прекращения тестирования – достижение числа ошибок, найденных за определённое время, какой-то минимальной границы. В отличие от остальных групп критериев остановки тестирования, данный тип позволяет обнаруживать больше ошибок, но и требует соответствующих временных затрат. В этом случае разработчику поможет автоматизированная система тестирования, самостоятельно проверяющая код на поданных на вход тестовых вариантах.

В основе разрабатываемой системы автоматизированного тестирования лежит структурное тестирование, которое представляется более перспективным по сравнению с функциональным вследствие возможностей работы с исходным кодом. Преимуществом реализованной программы служит её многофункциональность. Она способна работать сразу с тремя языками программирования и не только принимать код на одном из них, но и переводить его в любой из трёх. Соответствия между синтаксисами хранятся на подключённом внешнем источнике данных, их можно самостоятельно обновлять в соответствие с последней информацией. Система реализует следующие методы тестирования: базового пути, потоков данных и структурных элементов – условий и циклов, комбинацию которых возможно настраивать в зависимости от спецификации. По итогам прохода по коду проводится сверка с выходными данными. Входные значения можно как задавать, так и позволить программе самой провести анализ условий и операторов и рассмотреть все возможные типы случаев.
При обнаружение программных ошибок система либо заменит их, либо ничего не сделает, но в любом случае сообщит об их наличии и поправках (сделанных или предлагаемых).

Поведение системы тестирования по отношению к выявленным проблемам зависит от выбора разработчика.

Ещё одно положительное качество данного продукта – параллельная работа сразу с несколькими программными текстами. Система обладает дружелюбным пользовательским интерфейсом, основанным на многолетнем опыте многих известных продуктов. Кроме того, каждая опциональная иконка снабжена всплывающей подсказкой. Для создания графической оболочки была использована библиотека tkinter, в качестве среды разработки была выбрана бесплатно распространяемая IDLE для Python версии 3.2.0.

Предложенный продукт является удобным бесплатным вспомогательным средством для тестировщиков, позволяющий сэкономить затраты на тестирование при разработке программного обеспечения.

Проектирование компонентов СДР для экспериментальной отработки сложных технических систем

Лапкина В.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Белкин А.А.
МАИ, каф. ИЛА
v.lapkina@ila-mati.ru

Во время проведения экспериментальной отработки сложных технических систем (СТС) необходимо не только регистрировать и обрабатывать значения отслеживаемых параметров, но и оперативно получать расширенную информацию о состоянии объекта испытаний. Такая информация включает в себя: значения не фиксируемых параметров (отслеживаются, но не регистрируются системой), прогноз изменения текущих параметров, предупреждение о возможном возникновении аварийной ситуации, текущие отклонения регистрируемых параметров, необходимые расчётные параметры и прочее. Для предоставления такого рода дополнительной информации можно использовать технологии дополненной реальности. Методы дополненной реальности позволяют предоставить важную регистрируемую и не регистрируемую информацию в обработанном виде в режиме реального времени. Путем применения виртуальных компонентов (графики, диаграммы, шкалы, подсветки и пр.) совместно с изображением объектов испытаний и испытательных стендов можно получить более четкое понимание о том, как проходит испытание: появится возможность спрогнозировать наступление тех или иных ситуаций, основываясь на текущих параметрах и прервать испытания до срабатывания систем автоматической защиты или скорректировать работу стендового оборудования.

Применение систем дополненной реальности (СДР) позволит визуализировать данные с информационно-измерительных систем (ИИС), систем принятия решений (СПР), систем диагностики и других СУ. В таких системах требуются строгие математические алгоритмы, производящие обработку поступающих данных, их анализ и формирование ответа. Те же математические алгоритмы и модели можно использовать и в составе СДР в необходимом объеме. Для возможности визуализации параметров достаточно будет только реализовать модуль интеграции СДР – набор программных компонентов и интерфейсов для передачи данных с математических моделей и системы регистрации данных, а так же системы хранения (БД, файлы, хранилища). Для обеспечения универсальности СДР модуль интеграции должен обладать следующими функциональными возможностями: загрузка и выполнение различных алгоритмов обработки математических моделей; работа с интерфейсами ИИС для получения текущих значений регистрируемых параметров; конфигурирование настроек; интеграция с другими сторонними системами автоматизации. Для работы модуля необходимо также организовать хранение вспомогательной информации для обработки данных (коэффициенты, формулы, отклонения, дельты, критические значения и прочее).

Построенная таким образом СДР может применяться при испытаниях на любых сложных технических системах РКТ, а также при наземной стендовой отработке ЛА и

позволит максимально визуализировать процесс испытаний на одном изображении в компактной и удобной для восприятия форме. Помимо этого СДР позволит прогнозировать критические ситуации и заранее предупреждать задолго до наступления нештатных событий и срабатывания систем аварийной защиты. Прогнозирование и предупреждение позволит повысить качество проводимых испытаний, их безопасность и информативность, а также обеспечить сохранность стендового оборудования и объекта испытаний.

Межмодульный интерфейс

Ле Ба Чунг, Холопов Ю.А.
Научный руководитель – с.н.с., к.т.н. Преображенский Н.Б.
МФТИ, каф. ЭВМ
chungbaumanvietnam@gmail.com

В реальных цифровых системах управления очень часто приходится конструктивно разбивать вычислитель на несколько модулей. Под модулем понимают узел с чётко выделенной функцией, минималистичностью интерфейсов. Отсюда появляется необходимость организации связей между модулями. Межмодульный интерфейс существенно отличается от внешних связей с периферийными устройствами. Желательно межмодульные связи реализовать унифицированным, типовым способом.

Стандартные интерфейсы не всегда оптимальны для межмодульных связей по следующим причинам:

- присутствие лишних полей (адресации, длины поля данных и т.д.) [1];
- сложность восстановления связи в случае возникновения сбоя;
- нерациональное использование пропускной способности канала связи;
- избыточный механизм вхождения в связь.

Целью работы является разработка простого типового интерфейса для передачи информации между модулями в цифровых системах управления, включая сигналы реального времени от датчиков.

Межмодульный интерфейс должен иметь следующие характеристики:

- малое количество сигнальных связей;
- обеспечение максимальной пропускной способности обмена данными в полудуплексном режиме;
- стабильный период транзакции;
- стабильность фазы транзакции.

Основным отличием разработанного интерфейса от известных, является использование интервала передачи поля данных для восстановления синхронизации абонентов. Набор полей для обмена информацией между двумя модулями, фиксирован для конкретного устройства. Поэтому требование о стабильном периоде транзакции не является ограничивающим.

Предлагаемый интерфейс обладает дополнительными технологическими возможностями: высокой скоростью передачи данных, простой структурой пакетов, не сложным механизмом управления обменом.

Список литературы

1. Холопов Ю. А., Ле Ба Чунг, Нгуен Тхань Чунг, Чан Ван Хань. Особенности реализации распределенных систем управления на основе аппаратных сетевых решений // Журнал «Информационные технологии». – 7/2016. – №7(22). с. 494-498. – ISSN 1684-6400.

«NMD» – Новый взгляд на графические приложения

Лелицак Василе
Научный руководитель – доцент Молчанова С.И.
МАИ, каф. ИСТ
vasile@vivaldi.net

Разработка высококачественного интерфейса требует достаточно серьёзных финансовых затрат. На рынке программных продуктов появилась большое количество программ реализующих интерфейс, но эти программные продукты не отвечают всем требованием качества. Для повышение качества интерфейса возможно оптимизировать код получения графических компонентов на уровне трансляции.

Целью данной работы является создание среды позволяющей проектировать и реализовывать графические приложения для получения высококачественного интерфейса.

В результате борьбы с проблемой сложности программных продуктов была выработана концепция объктно-ориентированного программирования (ООП) хорошо показавшая себя при разработке программных продуктов. Концепция ООП предложила мощный способ решения проблемы сложности программных продуктов. Но использование этой концепции для создания графических интерфейсов весьма проблематично.

При создании графических интерфейсов можно, рассматривая класс как некую сущность, ориентироваться на компоненты. Под компонентом будем понимать некоторый независимый графический компонент, отрисовка которого не зависит от внешних факторов, а зависит только от внутреннего состояния. Графический компонент не может существовать отдельно, он интегрируется в другой компонент и т.д., центральным является компонент типа «Окно». Предполагается создать устойчивую сложную систему, которая будет оптимизироваться транслятором на уровне компонента. При этом должны быть решены две задачи: минимальные затраты памяти и максимальная производительность.

Например, контейнер определённых компонентов с динамическим количеством копий определённого компонента – можно оптимизировать во время трансляции, а контейнер подобной страницы Word, который может содержать элементы разнообразного типа – нет.

Следует учесть, что при портировании приложения также имеются свои своеобразные нюансы, каждая платформа имеет свои нативные библиотеки и всегда лучше использовать именно их. Для решения подобных проблем можно разработать транслятор, который мог бы адаптировать код под разные библиотеки.

Что я предлагаю:

Реализовать интегрируемую среду разработки, которая позволяет описать компоненты в виде организационной диаграммы. Разработка компонента будет 4-шаговая: моделирование структуры, определение порядка (отрисовки, передачи событии и т. д.), графическое расположение, программирование.

Для того чтобы можно было писать красивый код и иметь высокую производительность, предлагается создать язык программирования специализирующийся под написание графических приложений.

Функция разбиения шрифтовых символов на примитивы OpenGL/DirectX.

Встроенное сглаживание графических элементов.

Высокоуровневый API обработки событии мышки, клавиатуры, сенсорного экрана.

Возможность адаптировать код под разные платформы и различные языки программировании.

Алгоритм преобразования FODA-дерева пользовательского интерфейса

Леонов А.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Падерно П.И.
СПбГЭТУ «ЛЭТИ», каф. ИС
anton.leonov18@gmail.com

Неотъемлемой частью современных технических комплексов являются разнообразные пользовательские интерфейсы (ПИ), которые оказывают огромное влияние на эффективное и качественное взаимодействие человека-оператора (Ч-О) с данными системами. Следовательно, для обеспечения такого взаимодействия необходимо рассматривать характеристики спроектированных ПИ.

К сожалению, на сегодняшний день не существует полноценной классификации ПИ, которая бы позволила использовать определенный набор характеристик каждого класса ПИ для решения широкого круга задач (например, задачи определения профессионально-важных качеств). Было показано, что для построения такой классификации ПИ можно применить методику FODA (Feature-Oriented Domain Analysis) в сочетании с алгоритмами кластеризации категориальных данных. Однако методика FODA представляет ПИ в виде дерева, корнем которого является рассматриваемый ПИ, а узлами – атрибуты ПИ и/или их значения. При этом атрибуты или значения, которые могут быть опциональными, объединяются при помощи логических операций «И», «ИЛИ». В таком случае возникает проблема использования существующих алгоритмов кластеризации категориальных данных, поскольку они работают с массивами значений атрибутов объекта, а не с иерархическими структурами.

В данной работе предложен алгоритм преобразования FODA-дерева пользовательского интерфейса в массив (список) значений атрибутов и формированием словаря самих атрибутов ПИ. На вход алгоритма подается FODA-дерево ПИ и пустой словарь атрибутов. Далее производится рекурсивный обход дерева. Посещая каждый узел, алгоритм строит линейную структуру значений атрибутов на основании правил превращения типовых элементов FODA-дерева (пять типовых элементов), а также определяя, является ли текущий узел атрибутом или его значением. Если узел – это атрибут, и он отсутствует в словаре атрибутов, то он добавляется в него, в противном случае атрибут игнорируется. Значения атрибутов добавляются в результирующий массив (список). Стоит отметить, что значения в результирующем массиве уникальны. Алгоритм гарантированно завершает свою работу, поскольку число узлов в дереве конечно. Сложность алгоритма по времени $O(n \log m)$, где n – число узлов в дереве, m – число атрибутов ПИ.

Для проверки работоспособности предложенный алгоритм был реализован на языке Java. Два различных класса ПИ (командный и истинно-текстовый) с шестью представителями (Far Manager, cmas, Free Pascal IDE 2.0.0, bash, cmd.exe, Windows PowerShell) были представлены в текстовых файлах. Каждая строка файла – это узел дерева, которые состоит из трех элементов *(number, value, parent),* где *number* – порядковый номер узла, *value* – значение атрибута или атрибут, *parent* – порядковый номер родителя в дереве. После применения алгоритма преобразования FODA-дерева для нескольких ПИ получается двумерный массив (список) значений атрибутов, который подается на вход существующих алгоритмов кластеризации категориальных данных (например, CLOPE или ROCK). Как и ожидалось, было выявлено два исходных класса ПИ.

В результате проведенной работы был предложен алгоритм преобразования FODA-дерева пользовательского интерфейса в линейную структуру значений атрибутов ПИ и формированием словаря атрибутов ПИ, определена его сложность, приведены примеры использования, а также возможность применения алгоритмов кластеризации к результирующему двумерному массиву (списку) значений атрибутов.

Использование нейро-нечетких вычислений для диспетчеризации на железнодорожной станции со сложной топологией

Лоскутов Д.И., Кадыева Л.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
dima1997l@rambler.ru

Планирование и контроль выполнения планов железнодорожных перевозок невозможны без анализа использования задействованных технических средств, учета и оценки их работы.

Наибольшую сложность вызывает планирование диспетчерских задач на железнодорожных станциях, представляющих собой многомерные системы большой размерности:

– сложная топология путей (значительное количество входов и выходов, мест погрузки и разгрузки, платформ, тупиков, депо, светофоров, стрелок, перекрестков, разъездов и т.д.);

– большое количество подвижного состава (локомотивы, пустые и груженые вагоны).

Одной из наиболее затратных составляющих в процессе организации эксплуатации станции является задействование находящегося на ней тягового состава (локомотивы, тепловозы) для сортировки вагонов и перевозки полезных грузов. Поэтому повышение эффективности эксплуатации станционного хозяйства, путем минимизации времени задействования тягового состава, является актуальной задачей, имеющей научное и практическое значение.

Для решения задачи минимизации времени задействования локомотивов, рассматривалась методика построения нейро-нечеткого модуля.

Само проектирование данного модуля производилось средствами MATLAB, а именно пакетом содержащий инструмент проектирования систем нечеткой логики – FuzzyLogicToolbox.

В качестве нейро-нечеткого модуля выбрана адаптивная сеть –ANFIS, основанная на нечетком выводе Такаги-Сугено, необходимая для оптимизации весов на графе. ANFIS является одним из первых вариантов гибридных нейро-нечетких сетей.

Отличительная черта нейро-нечеткого вывода Такаги-Сугено состоит в следующем: правила алгоритма нечетки только в части IF, тогда как часть THEN представляет собой функциональную зависимость, т.е. правила в базе знаний являются своего рода переключателями с одного линейного закона на другой. В таком случае границы подобластей размытые, а это означает, что могут выполняться сразу несколько законов, но с разными степенями. Такой подход представляет собой комбинацию методов наискорейшего спуска и обратного распространения ошибки, который оптимизирует как линейные, так и нелинейные параметры нечеткой базы знаний. Данный метод позволяет одновременно настраивать и заключения правил, и функции принадлежности термов входных переменных.

После проведения ряда экспериментов исследования показали, что разработанный оптимизационный модуль позволил сэкономить около 19% времени работы локомотивного парка, сократив его с 13.57 часа до 10.97(для ситуации поступления 5 задач в течение суток).

Программно-аппаратная система управления расписанием приема лекарств

Лукашин В.М.
Научный руководитель – к.т.н. Полицына Е.В.
МАИ, каф. ПВК
Lmluk2@mail.ru

Одной из задач, которую приходится часто решать людям в повседневной жизни, является регулярный строго регламентированный прием лекарственных препаратов или

контроль за приемом лекарственных препаратов другим человеком. На сегодняшний день для решения этой проблемы применяются контейнеры с таймером или контейнеры с отсеками для дозирования препаратов.

Основными недостатками данных устройств является то, что они не помогают определить, какое именно лекарство нужно выпить в указанное время (пользователь сам должен выбрать нужную ячейку контейнера), и не предоставляют возможность другому человеку осуществлять контроль за пользователем.

Предлагаемая система приема лекарственных препаратов:

– позволяет дозировать прием лекарственных препаратов по дням недели;

– позволяет осуществлять настройку расписания приема лекарств;

– поддерживает отправкуSMS-уведомлений о необходимости принять лекарственный препарат;

– имеет звуковую и световую сигнализацию для напоминания о необходимости принять лекарство.

Система реализована на базе контроллера Arduino Uno, состоит изLCD-дисплея, 3 кнопок, зуммера, 22 светодиодов, 21 резистор 470 ОМ, 2 таблетниц "ПИЛЮЛЯ", RTC модуль на базе чипа DS1307, 3 Расширитель на 8 Входов/Выходов, Gsm модуля SIM800l. Для реализации программно-аппаратного комплекса были использованы следующие *библиотеки*: iarduino_RTC для подключения RTC часов реального времени DS1302, DS1307, DS323; LiquidCrystal_I2C_V112для подключения дисплеев LCD1602 по шине I2C, iarduino_I2C_IO для работы с расширителями выводов, Sim800l для работы с GSM модулем.

На LCD-дисплее отображается дата, время, индикатор работы сигнала будильника, индикатор сигнализации ячеек, номер телефона, по которому будет отправляться SMS. В системе предусмотрены два режима работы: обычный режим и режим настройки. Управление системой осуществляется с помощью кнопок SET, UP, DOWN.

При первом использовании настраивается расписание приема лекарственных препаратов и номер телефона на которое будет отправляться SMS-уведомление. Как только время будильника совпадет со временем, раздается звуковой сигнал и включается подсветка ячейки, в которой лежит лекарство. После отключения будильника путем нажатия любой кнопки, на заданный в настройках номер телефона придет SMS-уведомление, о том что пользователь принял препарат. Данная система может работать как автономно(от батарейки) так и от электрической сети.

Таким образом, программно-аппаратная система позволяет пользователю настраивать расписание приема лекарств, систему оповещения и индикации в зависимости от его потребностей, контролировать процесс приема другим человеком путем отправкиSMS-уведомлений.

Использование предлагаемой системы позволит упростить процесс приема лекарств и контроль за приемом препаратов другим человеком.

Анализ защищённости внутренней сети посольств

Лысенко С.А., Зарешин С.В.
Научные руководители – Епифанцев С.В., Сильнов Д.С.
Школа 1770, МИФИ, каф. 12
sagelsas@gmail.com

В наше время очень распространено такое явление, как открытые точки доступа Wi-Fi, хотя многие пользователи не подозревают, что точки без пароля не являются безопасными и подвергнуты атакам, например, «MITM» («Men in the middle» или «человек посередине»). Такие точки находятся и в стратегически важных объектах, например, в посольствах. Несмотря на их защиту от физического проникновения, открытые точки никто не защищает. С помощью этих точек можно получить удаленный доступ к важной информации или путём атак на открытые порты можно получить доступ к управлению сетевым оборудованием.

В качестве исследуемого объекта мы выбрали посольство США. Для получения информации о состоянии сети использовалась операционная система Kali Linux с программой nmap, которая представляет из себя утилиту, предназначенную для сканирования IP-сетей и определения состояния объектов сканируемой сети.

При исследовании открытых точек доступа посольства США было обнаружено на одной из них некоторое количество устройств с открытыми портами, такими как SSH, позволяющий проводить удаленное управление операционной системой. Также был найден открытый порт DOMAIN, служащий как контроллер домена, открытый порт NetBIOS, на который возможно произвести атаки (даже простая отправка ложных данных на этот порт может привести к перезагрузке ПК) и порт MSRPC, используемый приложениями «клиент-сервер». Обращает на себя внимание тот факт, что данная угроза информационной безопасности посольству США была выявлена при исследовании только одной точки доступа. Всего было обнаружено 192 устройства, подключенных к этой точке; 5 из них имели открытые порты и 5 устройств, которые имели порты в состоянии «filtered», что свидетельствует о наличии фильтрации трафика на порте, например, брандмауэром. Из этого следует, что она может быть открыта или закрыта, но точную информацию получить нельзя. Один из самых опасных открытых портов – это SSH. На него можно отправлять атаки, такие как Brute-Force – подбор паролей, DDOS атака – специальная нагрузка сервера методом подключения большого количества устройств, сниффер пакетов – перехват всех пакетов, отправляемых с устройства, и многие другие. Все эти атаки могут принести вред данному объекту в связи возможностью проникнуть во внутреннею сеть посольства и овладеть данными, которые содержат конфиденциальную информацию, или загрузить вредоносное программное обеспечение. С такой уязвимостью было три устройства.

Данное исследование показало: несмотря на то что такой объект с высокой степенью защищенности, как посольство США, все же имеет открытые точки доступа, на которых были обнаружены уязвимости в виде открытых портов типа SSH. Из этого следует вывод: администраторы сети и сотрудники информационной безопасности не создали абсолютную защиту инфраструктуры от внешних угроз.

Планирование групповых вылетов беспилотных разведовательных летательных аппаратов

Максимов А.Н.
Научные руководители – профессор, д.т.н. Гончаренко В.И., Осипчук О.К.
МАИ, каф 308
maximovlive@gmail.com

Введение

Сегодня широкое распространение получили БЛА, которые выполняют самые разнообразные задачи от разведки и мониторинга местности до постановки помех и ретрансляции сигналов. Для всех этих БЛА одной из важнейших задач, решаемых при подготовке полета, является разработка полетных заданий. Эта задача является во многом общей для разных типов летательных аппаратов. Обычно при решении этой задачи требуется разработка базы данных цифровой картографической информации, отображение электронной карты местности (ЭКМ) с нанесением на нее объектов разведки, навигационных знаков и маршрута полета.

Накопленный опыт разработки систем планирования показал, что целесообразно идти по пути унифицированных компонентов. Вместе с тем надо учитывать появляющиеся новые реалии, которые связаны с появлением нового класса летательных аппаратов – беспилотных летательных аппаратов, как дистанционно управляемых, так и автономных. При разработке рабочих мест командиров разного уровня необходимо применять хорошо зарекомендовавшие себя проектные решения, использовать одинаковую архитектуру программного обеспечения. Важным элементом является модульность программирования, которая должна обеспечить легкую замену или

исключения из состава программного обеспечения некоторых модулей без существенной переделки остальных модулей.

В данной работе рассматривается как раз один из таких модулей, позволяющий определять оптимальный маршрут полета одного или нескольких БЛА при выполнении задания по разведке заданного множества целей.

Постановка задачи

Пусть задан некоторый район, в котором отмечены точечные цели, подлежащие разведке. Под разведкой понимается их фотосъемка. Заданы координаты целей. БЛА находятся на одной или нескольких базах, координаты которых известны. Кроме этого известны все технические характеристики БЛА и съемочной аппаратуры, метеообстановка (направление и скорость ветра в зоне съемке) и примерное расположение средств противовоздушной обороны (ПВО) и ее характеристики (радиус действия). В этих условиях необходимо определить минимальный наряд средств, выделяемых для решения этой задачи, маршрут следования каждого БЛА и алгоритм переназначения целей, в случае гибели одного или нескольких БЛА, обеспечивающий выполнение исходной задачи.

Математическая формулировка задачи и методы решения

Описанная выше задача относится к задачам дискретной оптимизации и является достаточно сложной, поэтому проведем ее декомпозицию. На первом уровне решим задачу выбора последовательности облета целей только для одного БЛА. На втором этапе рассмотрим планирование полета нескольких БЛА вылетающих с разных баз и, наконец, на третьем этапе введем эффект деградации группы БЛА из-за действий ПВО противника и процедуру перепланирования.

Высокоскоростное проникание осесимметричных тел в упругопластическое полупространство

Максяшин С.Ю.
Научный руководитель – к.т.н. Авершьев С.П.
МАИ, ФГУП ЦНИИмаш

Одним из результатов активно расширяющейся космической деятельности человечества является увеличивающееся засорение околоземного космического пространства продуктами разрушения космических аппаратов и ступеней ракетоносителей – «космическим мусором». Наряду с природными метеороидными частицами, техногенные частицы формируют опасную среду, которая должна приниматься во внимание при проектировании и эксплуатации космических аппаратов, и, в особенности, больших орбитальных станций с длительным сроком эксплуатации, таких как Международная космическая станция. Физическая защита столь дорогих и важных космических аппаратов является одной из главных задач при их проектировании. От того, как будет построена безопасность космических аппаратов зависит не только целостная сохранность техники, но и самое главное, жизнь экипажа.

Частицы космического мусора имеют очень большой разброс по массе и размерам. Крупные частицы (с линейными размерами более 10 см) регистрируются наземными средствами контроля, защита от них осуществляется посредством маневрирования. Одним из способов защиты от частиц с размерами до 1 см является применение многослойных защитных экранов, разработке которых в настоящее время уделяется большое внимание. Экспериментальная отработка подобных экранов проводится, в основном, на баллистических установках, при которой, как правило, используются осесимметричные (сферические) метаемые частицы. Однако такие установки не охватывают весь диапазон скоростей метания и размеров частиц. В связи с этим весьма актуальной является проблема разработки различных методов математического моделирования процессов высокоскоростного взаимодействия частиц с элементами конструкции космических аппаратов. В настоящее время общепринятой теории удара с полностью завершенной математической постановкой и физическим описанием не существует.

В настоящей работе для исследования процесса высокоскоростного проникания в плоскую преграду численно решаются основные уравнения модели нелинейно-сжимаемой пластической или упругопластической среды («пластического газа»), возникающей в материале преграды в области возмущения, в переменных Лагранжа в одномерно-сферической постановке. Решение задачи сводится к исследованию одного нелинейного интегро-дифференциального уравнения относительно скорости фронта ударной волны. В ходе решения задачи определяются ударно-волновые параметры в области возмущения и размеры образующегося кратера. Рассчитываются границы зон пластической и упругой деформации материала преграды в зависимости от скорости соударения.

Сравнение расчетных данных с экспериментальными результатами, полученными на многоцелевой баллистической установке Центрального научно-исследовательского института машиностроения, и с данными других авторов, показывает их удовлетворительное соответствие.

Результаты работы могут быть использованы для оценки оптимальных размеров и формы различных экранных средств защиты космических аппаратов и для прогнозов при экспериментальной отработке на баллистических установках.

Реализация системы базового мониторинга мейнфрейма IBM z Systems на уровне LPAR с операционной системой z\OS

Малахов А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Звонарева Г.А.
МАИ, каф. 304
amalakhov93@mail.ru

В настоящее время, когда большинство процессов, необходимых для работы различных экономических секторов, автоматизированы и любая проблема в системе может повлечь за собой многомилионные убытки – множество компаний начинают применять меры по созданию и поддержке защищенного и отказоустойчивого решения.

Одним из основных решений проблемы отказоустойчивости является использование отказоустойчивого оборудования, такого как мейнфреймы компании IBM z Systems с ОС z\OS. Но установки только отказоустойчивого оборудования не достаточно, также необходимо производить мониторинг данного оборудования для оперативного исправления возникающих проблем.

На данный момент существует ограниченное количество систем мониторинга, способных производить наблюдение за системой на базе мейнфреймов IBM z Systems с ОС z\OS. А существующие системы мониторинга являются проприетарными и дорогостоящим, что усложняет или даже делает невозможным модификацию этих систем мониторинга под требования заказчика.

В связи с этим стало необходимо реализовать систему мониторинга, поддерживающую мониторинг систем на базе мейнфреймов IBM z Systems на уровне LPAR с ОС z\OS. Также в связи с тем, что каждая компания имеет свои требования для системы мониторинга, то необходимой является возможность модификации исходного кода системы мониторинга. В связи с тем, что парк машин заказчика может включать в себя не только с ОС z\OS, но и другие ОС установленные на различные платформы, то для централизации и упрощения мониторинга необходимо, чтобы данная система мониторинга поддерживала множество других различных платформ.

Исходя из вышеперечисленного, платформой для разработки системы мониторинга IBM z Systems на уровне LPAR с ОС z\OS была выбрана бесплатная система мониторинга Zabbix, имеющая открытый исходный код, поддерживающая агенты под множество различных платформ, однако не имеющая агентов под z\OS.

В данном докладе рассматриваются вопросы, связанные с реализацией базовых агентов мониторинга для мейнфреймов с ОС z\OS, а так же их взаимодействие с платформой системы мониторинга Zabbix. Основные функции разработанной системы мониторинга можно поделить на три раздела: мониторинг внешнего программного обеспечения, мониторинг операционной системы, мониторинг аппаратного обеспечения.

Мониторинг внешнего программного обеспечения включает в себя наблюдение за внешним прикладным программным обеспечением, в том числе был разработан и агент наблюдения за табличным пространством СУБД DB2, так как в случае превышения лимита - будет заблокирована возможность добавления новых записей.

Во время разработки мониторинга операционной системы, особое внимание уделялось таким критически важным параметрам, как количество свободного места в JES Spool, так как в случае переполнения JES Spool'а возможны серьезные проблемы с работоспособностью данного LPAR'а.

В раздел разработанных агентов для мониторинга аппаратного обеспечения входят такие параметры, как нагрузка на процессоры, а так же на оперативную память, так как исходя из мониторинга данной информации принимаются решения о необходимости модернизации аппаратных систем.

Новые подходы к защите речевой информации

Малдавская Н.А., Фадеев М.М., Фетисов С.В.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Балакирев Н.Е.
МАИ, каф. ПВК
koresch@mail.ru

Существует большой арсенал программных средств, обеспечивающих голосовое общение в Интернете. Качество связи и бесперебойность не вызывают никаких сомнений.

Но наиболее актуальным вопросом остается защищенность ваших переговоров по отношению к злоумышленникам, которые оснащены широким арсеналом программных средств и инструментов, а также знаниями о наличии просчетов разработчиков аппаратно-программных средств. Пользуясь всем этим, хакеры вскрывают конфиденциальную информацию, как простых граждан, так и представителей власти.

Имея целью защититься от такого рода «любопытных» персон, решено было подойти комплексно к решению задачи защищенности и сконцентрироваться не только на защите звуковых файлов, но обеспечить защищенность и индивидуализацию программного обеспечения, чтобы иметь возможность отслеживать утечку используемых систем. Именно концентрация на защите всех информационных единиц, включая данные и программы, а также учет человеческого фактора в комплексе приема-передачи дает основание надеяться на существенное увеличение надежности защиты при конфиденциальных переговорах. Следует заметить, что любая информация может быть со временем вскрыта и без приложения определенных усилий и постоянного отслеживания статистики по утечке информации нельзя обеспечить успех в борьбе с любопытными хакерами. Для этого предусматриваются специальные механизмы индивидуализации программных средств и отслеживание их использования в процессе эксплуатации.

Создаваемая система представляет собой совокупность программных подсистем, распределяющих между собой функционал по шифрованию и передаче звукового сообщения, что в свою очередь повышает защищенность передаваемого звукового сообщения.

Для создания системы была предложена концептуальная модель, которая учитывает несколько важнейших факторов:

- Человеческий фактор;
- Программный фактор;
- Аппаратный фактор;
- Организационный фактор.

Концепция лицензирования и защиты сетевого ПО

Малиновский И.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
ilyamalinaya@mail.ru

В современном мире вопрос безопасности не безосновательно волнует представителей различных профессий. Очень остро данный вопрос стоит в мире информационных технологий.

Современные технологии, которые применяются при лицензировании ПО, по степени защиты имеют довольно широкий разброс: от самых простых реализаций – привязка лишь к станции (привязка по HWID) до довольно сложных - обфусцированние программ, имеющих привязку к серверу лицензий.

Существует неоспоримый тезис – всё, что лежит на компьютере пользователя – взламываемо, это всего лишь вопрос целесообразности и опыта взломщика. Иными словами, совершенствуя защиту исполняемого файла, в конечном счёте увеличивается необходимое кол-во ресурсов необходимы для того что бы избавиться от этой защиты. Камнем преткновения в данном тезисе выступает условие – «лежит на компьютере пользователя».

Идея заключается в следующем: необходимо условие, при котором не будет необходимости передавать конечному потребителю исполняемый файл, тем самым риск потенциального взлома ПО будет снижен в разы. И действительно, вместо того что бы распространять ПО вместе с защитой \ шифрованием \ привязкой к электронному ключу – можно просто не передавать ПО в доступ к конечному потребителю, вместо продажи продукта, можно предоставлять услугу по аренде ПО. Естественно, здесь речь идёт о взаимоотношении между разработчиком и конечным потребителем услуг.

Предлагаемая в концепции система способна обеспечить разработчика достаточно надёжным способом защиты и лицензирования ПО, потребителя возможностью использовать его на законных основаниях и без возможности украсть его, а составление договора между сторонами позволяет защитить интересы сторон в правовом поле.

Сама система, используя API для управления ПО и web-интерфейс для взаимодействия с потребителем, должна предоставлять возможность управлять рабочей станцией и ходом работы исполняемого файла. Важно отметить, что подобная модель лицензирования подходит исключительно для сетевого ПО при этом на работу она нисколько не влияет.

Данное решение имеет как плюсы:

– Диапазон возможных атак, направленных на получение доступа к исполняемому файлу \ процессу сокращается

– Процессом и возможностями взаимодействия конечного потребителя с предоставляемым ПО можно управлять посредством настроек web-интерфейса

– Система позволяет работать так, как будто бы прослойки просто не было, т.е сохраняется удобство использования

Так и минусы:

– Усложнение архитектуры конечного приложения

– Необходимость аренды среды для выполнения со стороны разработчика

Подобная система сможет найти потребителя, в ближайшее время будет завершена и лицензирована для последующей продажи в соответствии законами РФ.

Устройство диагностики состояний пчелиных семей по их акустическому шуму

Марков Ю.Е.
Научный руководитель – доцент Молчанова С.И.
МАИ, каф. ИСТ
markov.yuriy94@gmail.ru

В современном обществе информационные технологии охватили практически все сферы человеческой деятельности, решая вопросы автоматизации, произведения расчетов, анализа событий, безопасной и быстрой работой с информацией. Однако системы управления помогают не только облегчить жизнь людям, но и наладить контакт с животными. Уже существуют подобные технологии коммуникации, например, английские ученые нашли способ при помощи устройства-переводчика распознавать подаваемые дельфинами сигналы.

В данной работе будет освещена не менее актуальная на сегодняшний день тема - изучение состояния пчелиных семей по спектру издаваемых звуков.

Большой интерес представляет звуковой фон, который пчёлы поддерживают в улье. С одной стороны, по звуковому фону можно определить акустические коммуникации пчел внутри улья, а с другой – можно узнать их физиологическое состояние. Детальным изучением связей между состоянием пчёл и издаваемым ими звуком и его характеристиками занимался русский энтомолог и физиолог Е. Еськов. На результаты его детального изучения опирается современное представление о структуре звукового фона улья.

Автором данной работы предложено создать устройство диагностики состояния пчелиных семей по их акустическому шуму. Данное устройство будет считывать звук с микрофона, расположенного в улье и по результатам вычислений выдавать диагностическое сообщение о состоянии пчел и рекомендациям по уходу. Разработка такого устройства будет оправдана, поскольку по интенсивности звукового фона внутри улья, по его спектральной и временной структуре можно будет диагностировать состояние семей пчел в режиме реального времени. Другими словами, будет доступна информация об изменениях микроклимата гнезда – перегрев или замерзание; о том, насколько активны пчелы; о подготовке пчелиных семей к роению; о потере матки семьи; об отношении к новой матке – положительное или отрицательное, а также можно будет выявить семьи, которые заражены.

В заключении хочу обратить внимание на тот факт, что на сегодняшний день подобного устройства нет в свободном доступе, поэтому данный проект актуален и получит большой спрос при реализации.

Исследование модели действий летчика для определения параметра, характеризующего качество процесса управления воздушным судном

Марушин А.А., Родионов Я.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Полуэктов С.П.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 92
poluektov.sp@mail.ru

Анализ авиационных происшествий показывает, что наиболее опасным этапом полета является заход на посадку и посадка. При этом в большинстве случаев авиационные происшествия происходят по вине личного состава. Одним из способов поддержания безопасности полетов на требуемом уровне является совершенствование системы оценки действия летчика по управлению воздушным судном за счет получения дополнительной информации от штатного бортового устройства регистрации (БУР) полетных данных с последующим ее анализом на наземном автоматизированном устройстве полетной информации с помощью соответствующего программного обеспечения.

Общепринятым способом оценки техники пилотирования является анализ определенных параметров полета в контрольных сечениях глиссады. Но лишь некоторая

часть из них записывается БУР. Остальные параметры определяются на основании наблюдений инструктора и лиц группы руководства полетами, что вносит значительную долю субъективизма в итоговую оценку. Следовательно, существует необходимость дополнения общепринятой методики оценки техники пилотирования параметрами, учитывающими характер пилотирования самолета на протяжении всего этапа снижения по глиссаде и регистрируемыми штатным БУР.

Для поиска дополнительных параметров, характеризующих качество пилотирования летчика на этапе посадки в продольном канале управления, были проанализированы различные подходы к решению рассматриваемой задачи. Для стабилизации самолета во время снижения по глиссаде летчику необходимо стремиться ликвидировать изменение угла отклонения от плоскости глиссады в минимальное время. Этот процесс целесообразно представить в виде математической модели передаточной функции «летчик-самолет». Наиболее распространенная передаточная функция летчика состоит из последовательного соединения форсирующего, колебательного звена и звена запаздывания. Входным сигналом является ошибка изменения угла отклонения от глиссады, к выходному сигналу относится изменение положения ручки управления самолетом. Математическая модель самолета может быть получена путем преобразования системы уравнений движения воздушного судна в продольном канале.

Для моделирования исследуемой системы «летчик-самолет» предлагается использовать математическую среду программирования Matlab/Simulink, так как для решения и исследования систем управлений ее применение является наиболее оптимальным, эффективным и удобным.

Дальнейшие исследования представленной математической модели имеют целью определение и обоснование дополнительных параметров, характеризирующих качество управления самолетом на этапе снижения по глиссаде. В конечном итоге это позволит уменьшить субъективизм, вносимый в оценку полетного задания лицами группы руководства полетов, а также повысить уровень безопасности полетов.

Разработка алгоритма глубокого обучения нейронных сетей для обнаружения объектов

Мельниченко М.А.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Визильтер Ю.В.
МАИ, каф. 301
viz@gosniias.ru

На данный момент самыми перспективными методами по обнаружению объектов на изображениях, а, следовательно, и на видео ряде, являются методы с использованием свёрточных нейронных сетей (СНС), которые представляют собой специальную архитектуру ИНС, предложенную Джефри Хинтоном, нацеленную на эффективное распознавание и обнаружение объектов на изображении. СНС входит в число технологий глубокого обучения (deep learning), является одним из лучших методов по обнаружению, распознаванию и классификации объектов на изображениях, устойчива к повороту и сдвигу распознаваемого объекта. Обучение происходит классическим методом обратного распространения ошибки (ОРО).

Целью исследовательской работы являются:

– разработать алгоритм обнаружения объекта с помощью метода конволюционализации;

– найти минимальную топологию СНС, показывающую уровень обучения не ниже 0.99.

В качестве исходных данных для разработки алгоритма обнаружения объектов с помощью СНС используются следующие данные:

– в качестве основы нейронной сети была взята широко известная Convolutional Neural Networks (CNN) AlexNet;

– в качестве исходной выборки изображений была взята общедоступная база данных Daimler, состоящая из чёрно-былых изображений, разделённых на 2 класса

(присутствует человек и отсутствует, где изображены участки городской местности). База имеет объём 68369 изображений, с размерами 48×96 пикселей.

На основе построений структур СНС была получена наименьшая топология сети, показывающая результат правильной классификации выше введённого порога, который равен 0.9927. К найденной топологии сети был применён метод конволюционализации, заключающийся в замене полносвязных слоёв на конволюционные, без изменения количества нейронов и значений их весовых коэффициентов. С помощью метода конволюционализации формируется матрица откликов, составляющая карту откликов. Каждому положению на карте откликов соответствует фрагмент исходного изображения. Если фрагмент изображения классифицируется к изображению содержащего человека, то соответствующая область на карте откликов окрашивается в красный цвет, в противном случае в синий. Яркость цвета зависит от величины вероятности классификации. По имеющейся карте откликов определяется область, где с большей долей вероятности находится человек, а с помощью неё уже определяется область нахождения человека на исходном изображении.

Разработка топологии СНС осуществлена в среде моделирования НС «Caffe».

Проведённые тестирования показали высокое качество работы разработанного алгоритма на изображениях сделанные с камер видеонаблюдения. Происходит обнаружение человека, как входящего в тестовую выборку, так и не входящего, размер которого равен среднему размеру людей на обучающей выборки (95*95 пикселей).

Исследование технологий и средств привязки изображений земной поверхности

Минасян В.Б.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Максимов Н.А.
МАИ, каф. 308
79099832507@ya.ru

В современном мире сильно ценится высокая точность - как в расчётах, так и в навигации. Говоря о современной навигации, нельзя не упомянуть высокоточные карты местности, особенно если эта местность имеет очень большую площадь. Проблема таких карт особенно актуальна для России, как самой большой страны в мире. Один из важнейших этапов построения высокоточных цифровых карт – геопривязка изображений земной поверхности. Рассмотрим этот этап поподробнее.

Привязка карты – это наложение координатной сетки на изображение. Обычно для этого используют специализированные ГИС, такие как QGIS, ArcGis, GlobalMapper, Google Earth. Процесс привязки изображения оператором такой ГИС сводится к указанию опорных точек с известными координатами, после чего выполняется геометрическая трансформация (обычно используются ортогональный, аффинный, или кусочно-проективный виды преобразования).

Часто изображения одного объекта или участка местности, сделанные разными датчиками или в различное время обычно заметно отличаются друг от друга. Следовательно, важными задачами привязки являются:

Выделение опорных точек

Исправление перспективных искажений

Путем линейных геометрических преобразований мы убираем перспективные искажения, после чего встает задача геометрической коррекции, для выполнения которой необходимо оценить параметры геометрического преобразования по сопряженным точкам. Зная коэффициенты линейного преобразования, вычисляем координаты всех точек, попутно решая задачу восстановления соответствующего значения яркости по ближайшим отсчетам возникающую из-за того, что вычисленные координаты часто не попадают в дискретную целочисленную решетку исходных координат. Она решается с помощью методов двумерной интерполяции.

Далее возникает проблема поиска соответствия между изображениями. В таком случае формально она рассматривается как процесс сравнения образа фрагмента на одном изображении с множеством образов находящихся в зоне поиска второго изображения.

Алгоритмы установления сходства в своих основополагающих вариантах в той или иной степени связаны с получением характеристик статистической взаимосвязи сравниваемых фрагментов изображений. Все они основываются на идеях корреляционной и спектральной теории сигналов, и для соответствующих критериев получены экспериментальные характеристики основных процедур поиска по образцу.

О методах незаметного сокрытия данных в цифровых объектах

Мирон С.К.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
serg1732@mail.ru

Программный комплекс для сокрытия информации в разных типах файлов. Программа шифрует информацию и скрывает ее в одном или нескольких файлах разного типа.

В настоящее время существует множество методов шифрования, методов сокрытия информации, но с развитием компьютеров и их вычислительной мощности все больше открывается возможностей для взлома того или иного метода шифрования. Для решения этой проблемы, рассматривается такой комбинированный способ сокрытия информации как стеганография совместно с криптографией. В отличии от криптографии, которая шифрует информацию, стеганография скрывает сам факт наличии информации в цифровом объекте. Но как существует в криптографии криптоанализ, так и в стеганографии существует стегоанализ. Самая простая попытка узнать о скрытой информации – внимательно рассматривать изображение, используя разные программы для более детального просмотра; прослушивать тщательно аудиозаписи и поиском каких-либо признаков сокрытия информации. Но такой способ возможен, когда стегосистема слабо защищена, а информация, которую прячут, незашифрованная. Чаще всего, это первый этап вскрытия информации. Можно выделить некоторые типы атак: атака на основе известного заполненного контейнера; атака на основе известного встроенного сообщения; атака на основе выбранного скрытого сообщения; адаптивная атака на основе выбранного скрытого сообщения; атака на основе известного пустого контейнера; атака на основе выбранного пустого контейнера; атака на основе известной математической модели контейнера или его части.

Для решения этой проблемы, я разрабатываю программный комплекс, в котором в качестве контейнера будут использоваться различные форматы данных. Контейнер – это любой файл с определенной возможностью вместимости сокрытой информации. Сама защита, представляет собой шифрование информации, помещаемой в контейнер и дальнейшим распределением по файлу в различные свободные места. Для того, чтобы информация никак не повредилась, во время использования файла по его стандартному предназначению, место для хранения информации выбирается с таким учетом, что данный файл не затрагивает данные участки памяти. Если возникает такая ситуация, когда в контейнер не поместится вся информация, которую хотят скрыть, можно распределить эту информацию в нескольких контейнерах. Так же, для большей запутанности взломщиков, информацию, которая вмещается только в один контейнер, можно распределить в несколько других контейнеров.

Размещая информацию в нескольких контейнерах, необходимо хранить информацию о методе сокрытия, о контейнере и его типе. С этой целью, я использую базу данных, в которой будет хранится информация о контейнерах, их тип, порядок и о методе сокрытия определенного контейнера.

Для создания программного комплекса использовался язык программирования C# и библиотеки Cryptography, MySQL connector/Net. Метод шифрования SHA3 или RSA. В качестве СУБД используется MySQL.

Сетевая модель оценки рисков бизнес-процессов

Мирсояпова А.Р.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Абдулнагимов А.И.
УГАТУ, АСУ
mirsoyapova_alin@mail.ru

Управление рисками – это сложный многоступенчатый процесс идентификации, оценки, управления, мониторинга и контроля за рисками. Обзор литературы показывает, что проблема управления риском очень актуальна и направлена на постоянное совершенствование методик управления риском. Например, в работе Лобанова В.И. проводится идентификация типов рисков в соответствии с критерием и ограничениями, предусмотренными математической моделью планирования выполнения комплекса задач. В работе Козловой Е.С., Макашовой В.Н., Чусавитиной Г.Н. разработана методика управления риском ИТ-проекта на этапе мониторинга и контроля, а также схема управления риском. В статье Бакскаевой О.А., Панченко А.В. рассмотрены риски при планировании реализации инвестиционных проектов и методы минимизации рисков.

В работе предлагается использовать метод аналитических сетей (МАС) для принятия решений в условиях риска и построения сетевых моделей оценки рисков бизнес-процессов. МАС – это теория измерений, в общем случае применимая к задачам доминирования влияния среди нескольких участников или альтернатив по некоторому критерию или атрибуту.

Для создания сетевой модели оценки рисков необходимо определить риски и классифицировать состояния, которые характерны для определенного вида деятельности предприятия. Далее создается цепочка взаимосвязи рисков и состояний, где устанавливаются весовые коэффициенты влияния состояний на риски и наоборот. Весовые коэффициенты могут быть получены в виде экспертных оценок. После формирования сетевой модели оценки рисков бизнес-процессов предприятия могут быть сформированы управленческие решения для каждого вида риска.

Алгоритм расчета весовых коэффициентов для матриц состояний и рисков состоит из следующих этапов: 1) оценка компонентов собственного вектора каждого состояния, их нормализация; 2) оценка согласованности матрицы; 3) вычисление максимального собственного числа матрицы; 4) вычисление индекса согласованности и вычисление оценки согласованности. Процедура вычисления глобальных приоритетов сводится к построению суперматрицы взаимовлияния рисков на состояния бизнес-процесса. Возведение суперматрицы в предельные целочисленные степени дает оценку совокупного (нелинейного) влияния каждого риска на состояния, с которыми он взаимодействует. Решением задачи является вектор, который оценивает состояние бизнес-процесса. Для своевременной корректировки весовых коэффициентов суперматрицы вводится коэффициент адаптации α. Такой коэффициент позволяет безболезненно адаптировать сетевую модель оценки рисков при изменении влияния одного из внутренних уровней, заложенных в структуре модели. Определены структуры моделей рисков: 1) с последовательным наследованием состояний; 2) с взаимовлиянием; 3) модель рисков со смешанной структурой.

Данные модели могут быть применены для разных процессов принятия решений и интегрированы в любую корпоративную систему предприятия, которая в режиме реального времени будет проводить оценку состояния определенного бизнес-процесса или всего предприятия в целом на основе сбора экономической информации с соответствующих подразделений. Таким образом, сетевые модели оценки рисков бизнес-процессов могут использоваться в бизнес-аналитике с целью управление рисками портфеля проектов, увеличения конкурентоспособности предприятия и его общей эффективности.

Комплексная система подготовки персонала

Митрофанов С.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Рыбников С.И.
МАИ, каф. 301
mitrofanov94@mail.ru

Все больше внимания в современной авиационной отрасли уделяется вопросам безопасного обучения авиационного персонала. Наиболее перспективной системой обучения для решения задач безопасной подготовки и переподготовки летного персонала, кабинных экипажей и инженерно-технического состава является комплексная система подготовки персонала (КСПП), включающая в качестве технических средств обучения учебные компьютерные классы и тренажеры. Данная система призвана повысить качество подготовки, реализуя технологию непрерывного автоматизированного обучения. Являясь сложной системой с многоуровневой структурой, КСПП включает в себя:

- персонал;
- нормативную и организационно-методическую документацию;
- технические средства обучения по различным направлениям подготовки.

Использование средств обучения является необходимым и важным инструментом для подготовки и оценки квалификации летного персонала. Замена летательного аппарата тренажером и его применение в качестве основного средства обучения обоснованы следующими предпосылками:

- на авиационном тренажере (АТ) возможно обучение в условиях имитации нестандартных и аварийных ситуаций;
- время эффективного обучения и подготовки на один час работы у АТ выше, чем у летательного аппарата (ЛА);
- стоимость часа обучения на АТ значительно меньше, чем обучение на ЛА и др.
- По требованиям международной организации гражданской авиации (ICAO) предполагается три этапа подготовки авиационных специалистов:
- теоретическая подготовка;
- тренажерная подготовка;
- летная подготовка.

На этапе теоретической подготовки, в зависимости от категории авиационного персонала, предполагается применение учебного компьютерного класса (УКК) с соответствующим программно-методическим обеспечением. В частности, для летного персонала предполагается выделение часов для первоначального изучения процедур работы с вычислительной системой самолетовождения (ВСС) на тренажере ВСС. Этап тренажерной подготовки предполагает использование определенных видов тренажерных комплексов для различных категорий авиационного персонала. Так, например, для летного персонала предусмотрены пилотажные тренажеры разных уровней подобия реальному самолету, для кабинных экипажей – тренажеры аварийно-спасательной подготовки, дверей, пожаротушения и сервиса на борту, для инженерно-технического персонала – тренажер процедур технического обслуживания. Этап летной подготовки предполагает использование реального самолета.

Автоматизированная установка для проведения испытаний высокотемпературных датчиков вибрации

Михалев А.А.
Научный руководитель – Веселова Е.Ю.
АО «НПО ИТ»
npoit@npoit.ru

При изготовлении высокотемпературных датчиков вибрации возникает потребность в проведении испытаний по определению погрешности от влияния повышенных температур (+400…+600^{o}C). Существуют методики для определения погрешности влияния температуры, предполагающие дискретные замеры коэффициента

преобразования датчика на постоянном уровне вибрации при разных температурах с определенным шагом (например, через каждые 50^{o}). При использовании подобных методик отсутствует информация об изменении коэффициента преобразования в процессе нагрева датчика.

Целью создания автоматизированной установки для проведения испытаний высокотемпературных датчиков вибрации является максимальное приближение эксплуатационных условий при испытаниях к реальным, что обеспечивает повышение качества продукции; увеличение точности измерений; снижение трудоемкости испытаний; выявление переходных процессов; определение факторов, влияющих на качество выходного сигнала, а так же исключение человеческого фактора.

В состав автоматизированной установки входят следующие комплектующие: вибростенд со стержнем для отведения тепла от контрольного датчика; специальный стол для установки высокотемпературной печи над стержнем; высокотемпературная печь с датчиком температуры; нормирующий преобразователь - двухканальный усилитель заряда для контрольного и испытуемого датчика; система реального времени, включающая контроллер и модули аналогового ввода; ноутбук для регистрации сигналов на жесткий диск и просмотра архивов.

Для функционирования установки было разработано специальное программное обеспечение, выполняющее следующие функции: регистрацию непрерывного сигнала с выходов усилителя заряда и последующей записью на жесткий диск; контроль температуры внутри печи с автоматическим отключением по заданному порогу; контроль заданного уровня вибрации на вибростенде и автоматическим регулированием; информирование испытателя об окончании проведения испытаний СМС-сообщением; определение погрешности влияния повышенных температур; определение качества выходного сигнала по спектральным характеристикам; просмотр архивных данных по окончанию испытаний; передача информации в базу данных автоматизированной системы испытаний датчиков вибрации.

Автоматизированная установка функционирует следующим образом:

- Вводят начальные данные: заводской номер и тип датчика.
- По введенному типу датчика из базы данных задается максимальная рабочая температура и допустимая погрешность датчика.
- Устанавливают датчик и запускают испытание в автоматическом режиме.
- Программа автоматически поддерживает постоянный уровень вибрации, регистрируя выходные сигналы, управляет температурой печи.
- По достижению максимальной температуры происходит остывание при постоянном уровне вибрации и регистрации сигналов.
- При достижении комнатной температуры запись останавливается, отключается вибростенд. Происходит отправка СМС-сообщения испытателю.
- Строится график зависимости температурной погрешности и выдается заключение. Полученное значение сохраняется в базе данных автоматизированной системы испытаний датчиков вибрации.

Детектирование местоположения объекта(ов) в кадре при помощи сверточных нейронных сетей

Михеюшкин В.И.
Научный руководитель – Кейно П.П.
МАИ, каф. СМиИГ

В последнее время глубокие сверточные сети значительно улучшились в плане классификации изображений и точности обнаружения объектов. По сравнению с классификацией изображений, обнаружение объектов является более сложной задачей, требующей более сложных методов решения.

Сложность возникает из-за того, что для обнаружения требуется точная локализация объектов, что создает две основные проблемы, решение которых нарушают скорость, точность или простоту:

Во-первых, многочисленные объекты-кандидаты (часто так называемые «предложения»).

Во-вторых, эти кандидаты обеспечивают только грубую локализацию, которую необходимо доработать для достижения точной локализации.

Решения этих проблем часто нарушают скорость, точность и простоту.

Структура:

- Сети региональных предложений
- Трансляционно-инвариантные якори и функция потерь для учебных предложений региона
- Оптимизация
- Совместное использование сверточных функций для регионального предложения и обнаружения объектов

Сети региональных предложений.

Сеть с региональными предложениями (RPN) принимает изображение (любого размера) в качестве входных данных и выводит набор предложений с прямоугольными объектами, каждый с бальной оценкой объективности

Трансляционно-инвариантные якори.

В каждом месте скользящего окна мы одновременно прогнозируем k предложений региона, поэтому слой reg имеет 4k выходы, кодирующие координаты k полей. Уровень cls выводит 2k оценки, которые оценивают вероятности объекта / не-объекта для каждого предложения. K-предложения параметризуют относительно K-ссылочных блоков, называемых якорями.

Оптимизация.

Каждая мини-партия возникает из одного изображения которое содержит много положительных и отрицательных якорей. Можно оптимизировать функции потерь всех якорей, но это будет уклон к отрицательным выборкам, поскольку они доминируют. Вместо этого мы случайно выберем 256 якорей в изображении, чтобы вычислить функцию потери мини-партии, где выборка положительных и отрицательных якорей имеют отношение до 1: 1.

Совместное использование сверточных функций для регионального предложения и обнаружения объектов.

В предыдущих пунктах было описано, как обучать сеть для создания предложений в регионе, не учитывая локальное обнаружение объектов CNN, которое будет использовать эти предложения. Для обнаружения сети, мы принимаем Fast R-CNN и теперь описываем алгоритм, который изучает слои conv, которые совместно используемый RPN и Fast R-CNN.

Разработка сценария для автоматической генерации задач алгебры логики в системе тестирования «Айрен»

Молль А.Д.
Научный руководитель – Чибисова Е.В.
Ступинский филиал МАИ
Leha.moll@yandex.ru

Понимание алгебры логики очень важно для будущих программистов. Специально для повышения уровня знаний в этой области мы, при помощи языка программирования Pascal и бесплатной системы тестирования «Айрен», и создали наш проект, автоматически генерирующий множество различных задач с использованием логических операторов.

Айрен – это очень многофункциональная программа, которая позволяет проводить тестирования знаний не только на компьютере пользователя, но и в локальной сети, и через сеть Интернет. Система позволяет преподавателю контролировать личные успехи каждого ученика. Кроме того, предусмотрено создание тестов в виде автономных

исполняемых файлов, которые можно раздать учащимся для прохождения тестирования без использования сети и без сохранения результатов.

В Айрен вопрос любого типа можно сопроводить сценарием – программой на языке «Pascal», которая будет выполнена перед показом вопроса тестируемому. Цель нашей работы состояла в том, чтобы написать сценарий, позволяющий автоматически генерировать задания по логике.

Принцип его работы довольно прост. С определенной долей вероятности между некоторыми высказываниями, являющимися либо истинными (=1), либо ложными (=0) подставляются логические операторы (конъюнкция, дизъюнкция и т. п.) и пользователь (ученик) должен определить, является данное целостное логическое выражение истинным или ложным. Программа полностью написана на языке Pascal, с использованием условных операторов циклов и пользовательских функций.

В результате создаются задания вида:

«Вычислите результат вычисления выражения: T OR F OR T OR F AND T->F<->T»

Для каждого задания автоматически вычисляется правильный ответ, который затем сравнивается с ответом тестируемого, что избавляет преподавателя от необходимости проверять работы студентов вручную. Кроме того, задания создаются случайным образом, что даёт ученикам возможность тренироваться в решении задач столько, сколько им это необходимо, и каждый раз на новых вариантах задания.

В настоящее время ведутся тестирование и доработка сценария, в частности мы работаем над улучшением автоматической расстановки скобок в примерах (с соответствующим учётом приоритета выполнения операций). В дальнейшем планируется продолжение работы над другими видами задач, позволяющими улучшить понимание алгебры логики.

Исследование методик повышения доступности контента в современных веб-приложениях

Морозов А.С.
Научный руководитель – Кейно П.П.
МАИ, каф. СМиИГ
amje@ya.ru

Сегодня наиболее распространенным источником информации является интернет. В силу своей доступности им пользуется большое количество людей. Среди них есть немало пользователей, ограниченных в своих возможностях из-за различных проблем со зрением, слухом, речью и моторикой, а также людей с когнитивными нарушениями. Они используют специальные ассистивные технологии для доступа к информации, например, скринридер, дисплей Брайля, синтезатор речи и др. Такие устройства могут трансформировать представление контента в формат, наиболее удобный пользователю, а также позволяют ему взаимодействовать с контентом. Для того чтобы делать это эффективно, программное обеспечение должно понимать семантику контента.

В современных веб-приложениях часто можно встретить виджеты и компоненты, созданные с помощью CSS и JavaScript, но которые не имеют собственного представления в HTML. Такими являются, например, раскрываемый список в виде дерева или поле выбора диапазона. Обеспечить правильную семантику таких элементов в HTML сложно, а чаще всего невозможно. Для решения подобных задач Консорциумом Всемирной паутины (W3C) была создана спецификация WAI-ARIA. Среди целей спецификации можно выделить несколько наиболее значимых: расширение доступности информации, предоставляемой автором; повышение доступности динамического контента; обеспечение взаимодействия с ассистивными технологиями. Спецификация определяет расширение HTML специальными ARIA-атрибутами. Их можно разделить на три группы: роли, свойства и состояния. Роль – главный индикатор типа содержимого. С его помощью поддерживается взаимодействие с объектом таким образом, чтобы оно соответствовало ожиданиям пользователей о других объектов этого типа. Для каждой роли определен список свойств и состояний, которые к ней применимы. Свойства – атрибуты,

составляющие сущность объекта, или атрибуты, представляющие данные, связанные с этим объектом. Изменение свойства может существенно изменить назначение или представление объекта. Состояния – динамические свойства, значения которых может меняться с течением времени или в ответ на действия пользователя. Состояния никак не характеризуют объект, они лишь представляют данные связанные с объектом или управляют возможностью взаимодействия с ним. ARIA-атрибуты предоставляют программный доступ к семантике элементов, что крайне важно для ассистивных технологий.

Большинство тегов в HTML изначально обладают собственной семантикой, поэтому ассистивные технологии могут свободно с ними взаимодействовать. Правильное использование HTML-тегов по назначению, в совокупности с возможностями, которые предоставляет WAI-ARIA для собственных виджетов, может обеспечить высокий уровень доступности веб-контента.

Разработка программного обеспечения на базе системы Yandex Cocaine на примере приложения для расчета статистики движения беспилотного летательного аппарата

Морозов К.О.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
morozov.cookie@gmail.com

Целью данной работы является изучение принципов микросервисной архитектуры и системы Yandex Cocaine на примере трехуровневого web-приложения для расчета статистики движения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с целью определения характера движения и возможности следовать данному маршруту с определенной точностью.

Cocaine (Configurable Omnipotent Custom Applications Integrated Network Engine) – это PaaS-система (Platform-as-a-Service) с открытым исходным кодом, позволяющая создавать собственные облачные хостинги приложений.

Разработанное программное обеспечение включает в себя два микросервиса, где каждый решает свою функциональную задачу: один сервис вычисляет серию траекторий, второй – по вычисленным траекториям рассчитывает статистику движения.

Для начала моделирования пользователь задает необходимый набор входных параметров, которые передаются на сервис для расчета статистики. Данный сервис является агрегирующим и сам управляет процессом моделирования. В данном примере, процесс моделирования заключается в расчете траектории движения БПЛА (действительной и приборной) и передачи результатов вычислений обратно на первый сервис, который затем вычисляет необходимую статистику. Для оптимизации используется распределенное хранилище данных Elliptics, в котором сохраняются рассчитанные траектории, соотносящиеся с набором входных параметров.

Все расчеты производятся на серверной стороне приложения – на клиентскую часть передаются результаты моделирования, которые необходимо отобразить в том или ином виде. Так, например, по окончанию моделирования есть возможность отобразить на географической карте траекторию движения БПЛА и в виде графиков – статистику отклонений его координат от назначенного маршрута.

Основанием для выбора данного подхода являются плюсы самой системы Yandex Cocaine (изолированность, контейнеризация, Health Manager, отсутствие привязанности к языку, расширяемость, масштабируемость и т. д.), а также возможность динамического выбора модели. Архитектура приложения предоставляет реализацию, в которой параллельно могут производиться расчеты одной и той же модели с разными параметрами или расчеты разных моделей в принципе.

В ходе работы над данной темой было разработано трехуровневое web-приложение на микросервисной архитектуре для расчета статистики движения беспилотного летательного аппарата. Серверная часть приложения основана на технологиях Yandex Cocaine и Elliptics и написана на языке C++. Клиентская часть же представляет собой

тонкий клиент с web-интерфейсом, написанном при помощи React, Twitter Bootstrap, Highcharts.

Существенным плюсом данного подхода является то, что клиент может быть разработан с использованием абсолютно любых подходов, которые поддерживают взаимодействие по HTTP протоколу.

Разработанное программное обеспечение позволяет в режиме реального времени смоделировать и определить характер движения БПЛА и оценить точность модели. В силу гибкости архитектуры приложения имеется возможность менять предметную область моделирования, саму модель, одновременно производить расчет нескольких моделей с разными входными данными и т.д.

Анализ уязвимости RFID-технологий

Морозова Т.В., Панцир Д.О.
Научные руководители – Епифанцев С.В., Сильнов Д.С.
Школа №1770
Denis.fedosov2017@yandex.ru

Цель работы: увеличение дальности считывания RFID-меток.

Аннотация

Технология Radio Frequency Identification, или RFID, на данный момент стала неотъемлемой частью нашей жизни. Данная технология применяется во многих важных областях жизни, автоматизирует процессы, а также снижает риск ошибок, связанных с человеческим фактором, например, при считывании кодов или идентификации персонала .

RFID, как и любая современная технология, имеет свои уязвимости. Нельзя иметь полную уверенность в надежности этой технологии, так как она еще не развита. Именно это представляет собой наибольшую угрозу для информационной безопасности.

Основные характеристики и принцип работы

Наиболее широко в современном мире применяются пассивные метки с возможностью перезаписи информации. К ним относятся бесконтактные платежные системы (PayPass, ApplePay и другие), проездные билеты в крупных мегаполисах, пропуска на закрытые и режимные объекты (образовательные учреждения, офисы и другие).

Механизм работы таких транспондеров довольно прост: в корпусе находится чип, подсоединенный к антенне. Как только метка попадает в поле действия считывателя, на нее поступает электромагнитный импульс, усиленный антенной. Этот импульс возбуждает чип, в котором хранится информация, и данные поступают обратно на считыватель.

Простые RFID-транспондеры «отвечают» на любой запрос независимо от того, можно ли доверять источнику запроса. Таким образом, попав в радиус действия магнитного поля считывателя, метка сразу становится уязвимой, и пока она находится в этом радиусе, можно изменить данные или завладеть нужной информацией.

Увеличение дальности считывания

Скиммер – техническое средство, позволяющие считать данные с RFID-транспондера без ведома владельца на небольшом расстоянии. Небольшой радиус действия таких приборов приводит к тому, что злоумышленников легко вычислить. В связи с этим разрабатываются антенны, позволяющие увеличить дальность считывания.

Пользуясь скиммером, можно встать на место злоумышленника и провести атаку для выявления уязвимостей и рассмотрения возможных вариантов их устранения.

В качестве скиммера был использован универсальный считыватель Proxmark3.

Proxmark 3 – многофункциональное устройство. Устройство обладает возможностью подключения сторонних антенн для LF и HF диапазонов. Proxmark3 принимает данные с меток с расстояния не более, чем 3 см. Для создания антены мы взяли эмалированный медный провод с сечением до 0,3мм . Для корректной работы индуктивность антенны должна находиться в пределах от 500 до 1000 мкГн, а ее вольтаж – в пределах от 20 до 40 вольт .

Анализ уязвимостей в приложении «Мой проездной»

Морозова Т.В., Чудук Ф.Д.
Научные руководители – Епифанцев С.В., Сильнов Д.С.
Школа №1770, МИФИ
filipp452@yandex.ru

Цель работы: Проанализировать приложение «Мой проездной».

Введение

Интернет-оплата входит в нашу жизнь все больше и больше, ведь это очень удобно и быстро. Многие компании стараются сделать оплату товаров через интернет. Но ведь это не только удобно и быстро, но и опасно. Для обеспечения безопасности компании принимают множество мер, но как только исправят одну уязвимость, так сразу же находятся новые. Что будет, если уязвимость будет обнаружена злоумышленником? Страшно представит, какие могут быть последствия.

Основные характеристики и принцип работы

Приложение «Мой проездной» написано на языке Java. Данный язык программирования был выпущен 23 мая 1995 года. К главному достоинству этого языка относится то, что код транслируется в байт-код и выполняется на виртуальной машине Java, и благодаря этому программы на Java работают на любой операционной системе и любом оборудовании. Также важным достоинством языка Java является его безопасность. Поскольку все приложения выполняются и, соответственно, контролируются Java-машиной, то при любой попытке несанкционированного доступа или соединения программа просто прерывает свою работу. У данного языка много программных библиотек. Но, как и любого языка, у Java есть и минусы. Например: чрезмерная нагрузка на оперативную память оборудования. Также одним из недостатков является то, что некоторые задачи в Java выполняются в 1.5-2 раза дольше чем, например, в C.

Для того, чтобы найти уязвимости нужно проанализировать код приложения.

Анализ приложения

Для того чтобы анализировать приложение, нужно получить его исходный код. Что же такое APK файл? APK файл - это архив, в котором и находятся все файлы приложения.

С помощью утилиты apktool мы можем распаковать APK файл. В распакованной папке можно увидеть smali-файлы. Однако анализировать smali-код сложно, потому что нет доступных инструментов для работы с кодом, а также в smali-коде содержится много вспомогательных инструкций.

Для анализа нужно получить код, удобный для чтения. Преобразуем dex-файл в jar-файл. Для этого используем программу dex2jar. После конвертации получаем jar файл. Дальше декомпилируем jar в тексты Java, используя Java декомпиляторы (например JD-GUI). Теперь можно анализировать код!

Проблемы и особенности распознавания тональных фонем на базе рассмотрения вьетнамского языка

Нгуен Х.З.
Научный руководитель – профессор, к.ф.-м.н. Балакирев Н.Е.
МАИ, каф. ПВК
nguyenhoangzuy@gmail.com

Предметом исследования является способ технического (математического) описания тональных фонем языков стран Юго-Восточных Азии, имеющих единый характер формирования слов на основе гласных тональных фонем, на примере Вьетнамского языка. Так как тональность является ключевой проблемой, которую надо решить при распознавании отдельных слов и фраз для этой категории языков, то возникает необходимость сосредоточить своё внимание именно на вопросе того, что такое тональность и как математически или в виде модели выразить её, а также обеспечить условия для их сопоставления (распознавания). Если отбросить проблемы выделения отдельно взятой фонемы и получения её спектральной составляющей, то абсолютно

неформализованным является вопрос технических характеристик тональности, с помощью которых стало бы возможным сопоставлять близкие по спектральному содержанию фонемы.

Такое исследование стало актуальным с появлением работ [], основанных на логико-лингвистическом подходе, с помощью которого стало возможным реализовать структуризацию звукового потока на основе введенных примитивов. В основу структуризации положена схема установления отношений между параметрами, характеризующими звук (амплитудами), получение и вычленение подобных участков, сопоставляемых, в виде лингвистических переменных, с фиксированным множеством примитивов, и как результат формирование качественной картины звукового потока с сохранением количественных характеристик и отбрасыванием значений, не влияющих на восприятие восстанавливаемого звукового потока. Повторяя процесс структуризации уже в виде «схлопывания» волн с меньшей длиной волны, удается проявить волны большей размерности и, как следствие, получить спектр волн в терминах введенных примитивов.

Инструментом натурного моделирования и исследования стал программный комплекс, позволяющий записать звук, включая речь, получить осциллограмму звука, воспроизвести его в исходном цифровом варианте, структурировать, сжать и «схлопнуть» исходный звуковой поток. Обратной последовательностью операций является возрождение звукового потока, отличного от исходного потока, из его структурных представлений, воспроизведение и получение осциллограммы. Наряду с этим имеются служебные функции, такие как сопоставление исходного и восстановленного потока амплитуд и их распечатка в виде примитивов с количественными характеристиками.

С точки зрения лингвистики, фонетика вьетнамского языка уже давно является особым предметом изучения и исследования лингвистов, так как до сих пор остаётся нераскрытым в полной мере тональный характер языков Юго-Восточной Азии. Вьетнамский язык имеет специфический характер с тональной системой фонетического строя и с максимальным количеством тональностей по отношению к другим языкам Юго-Восточной Азии. Звуковые системы, например, китайского и вьетнамского языков схожи генетически и типологически – все тоны китайского языка присутствуют и во вьетнамском языке. Исходя из этого видно, что вскрытие сущности тональных фонем открывает дорогу, практически, для всех языков Юго-Восточной Азии.

Стеганографическое сокрытие данных различного формата в файлах формата BMP и GIF

Неборонов М.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
neboronov@gmail.com

В настоящее время актуальной является задача обеспечения безопасности передаваемых данных. Она может обеспечиваться различными способами, выбор которых зависит от передаваемых данных и метода передачи. Основные – криптография и стеганография.

Стеганография – это наука о тайной передаче информации путем скрытия самого факта передачи. Важно не путать ее с криптографией, скрывающей (шифрует) содержание данных, а не их наличие. Эти два способа защиты не являются эквивалентными, но вместе повышают уровень безопасности. Задача стеганографии состоит в том, чтобы «злоумышленник» не выявил факт передачи данных. Способы сделать это различны, но их объединяет то, что передаваемые данные встраиваются в некоторый не вызывающий подозрений объект, называемый «контейнером», отправляемый впоследствии получателю.

Большинство исследований направленно на изучение контейнеров-изображений, так как именно они являются самыми оптимальными для встраивания данных. Для изображений самым популярным является метод LSB (Least Significant Bit) – наименьших значащих бит. Суть его заключается в замене последних значащих бит контейнера на

биты стеганографируемого сообщения. Разница должна быть незаметна для органов восприятия человека.

Среди графических форматов наибольшую значимость имеют «.gif» и «.bmp».

BMP – популярный формат хранения растровых изображений, который разработала Microsoft. Файлы данного формата используются в огромном количестве программ, так как он поддерживается в таких системах как Windows и OS/2, а также при оформлении сайтов.

GIF – также популярный растровый формат хранения графических 8-битных изображений в виде анимации. Также широко используется в программах и при оформлении огромного количества сайтов.

Проанализировав структуру BMP файла, я выявил достаточное количество блоков, в которые можно скрыть информацию так, что разница не будет распознана человеческим глазом. Например, отличным местом для хранения информации о скрываемом файле оказались зарезервированные неиспользуемые поля в заголовке файла-контейнера. Также в ходе анализа оказалось, что не все виды битности BMP файлов одинаково устойчивы к воздействию на них методом LSB, так как порядок хранения байтов, отвечающих за цвета, различен. В связи с этим, разрабатывая программу, некоторые типы битности я запретил использовать в качестве контейнера (например, 2 и 4 битные, так как почти любое изменение видно глазу), а для оставшихся определил отдельные способы встраивания информации так, чтобы данные скрывались максимально незаметно. GIF файл, в силу того что состоит из отдельных кадров, можно разбить на несколько BMP файлов и провести скрытие в каждый кадр, а затем снова объединить в GIF файл, который и будет являться контейнером.

В своей программе, разработанной с помощью системы Windows Presentation Foundation, я предоставляю возможность скрытия любых данных в BMP файл и GIF в GIF. Требуется лишь выбрать файл-контейнер, а программа вычислит: подходит он или нет, а затем скроет данные, если контейнер удовлетворяет требованиям. Результатом будет файл со скрытыми в него данными, который затем можно будет раскрыть с помощью этой же программы.

Таким образом, можно стеганографировать информацию любого формата в BMP файл, а также разбив файл формата GIF на отдельные BMP файлы можно стеганографировать данные GIF в тот же формат.

Платформа для автоматизированного анализа математических и имитационных моделей

Ненахов Е.В., Ненахова М.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
newnew94@mail.ru

На сегодняшний день в мире разрабатывается множество различных моделей, с помощью которых можно описать практически любой процесс с наименьшими трудозатратами. В процессе разработки и оптимизации таких моделей существует проблема оценки эффективности их работы. Зачастую сложно определить фиктивные параметры, без учета которых можно повысить производительность и качество модели. Для того, чтобы определить, насколько изменилось физическое поведение модели, как поменялись данные и их характер, была поставлена задача разработать платформу для анализа математических и имитационных моделей.

Было решено создать программный комплекс с модульной архитектурой, состоящий из нескольких основных частей:

1. Модуль для загрузки и запуска модели.
2. Аналитический модуль для обработки результатов запуска модели.
3. Модуль для визуального отображения выходных данных из аналитического модуля.
4. Обработчик результатов.

Для корректной работы платформы необходимо настроить конфигурационный файл хранилища данных и протокола передачи данных между модулями. В качестве хранилища данных может использоваться документоориентированная СУБД или локальная файловая система. Данные между модулями передаются по особому протоколу.

Входные данные для платформы представляют собой конфигурационный файл с четкой структурой в формате JSON. Входной файл включает в себя следующие параметры: полный путь в файловой системе к исполняемому файлу модели, а также входные данные для нее. Пользователю предоставлено несколько возможностей для настройки конфигурационного файла: с помощью графического интерфейса платформы или вручную через текстовый редактор операционной системы. Объект анализа должен удовлетворять определенным требованиям: модель может передаваться платформе в форматах exe, jar, dll; выходные данные модели должны быть сформированы в формате json для передачи в аналитический модуль.

Аналитический модуль обрабатывает данные, полученные после запуска модели с помощью методов математической статистики, в частности, проводятся корреляционный и регрессионный анализы параметров модели, выявляются критические параметры и формируется отчет с сохранением в базе данных или локальном хранилище. Полученная информация позволяет оценить эффективность данной версии модели относительно эталона, логически определенного пользователем, и входных параметров.

Обработчик результатов генерирует отчет на основе выходной информации из аналитического модуля. Данный отчет содержит результаты исследования эффективности внесенных изменений в модель, полученные на основе сравнения с эталоном по таким критериям, как: время сходимости, критерий точности и другие критерии.

Результатом данной работы стала платформа, которая дает возможность построить универсальную систему для анализа математических и имитационных моделей, а также получить оценку эффективности внесенных изменений в модель независимо от объекта моделирования.

Определение объема угольной насыпи

Нестеров В.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Максимов Н.А.
МИСИС, каф. ЭИИС
Vlad3129@yandex.ru

Одной из важнейших задач на предприятии, используемым в качестве топлива уголь, является своевременное пополнения его запасов. В связи с этим возникает потребность в отслеживании текущего количества угольных запасов. Далеко не всегда человек в состоянии дать правильную визуальную оценку объема, не используя при этом дополнительных технических или программных средств. Современные методы оценки подразумевают использование дорогостоящего геодезического оборудования и наличие необходимых навыков работы с ним. Возникает необходимость в разработке и реализации алгоритма, не столь сложного в использовании, но позволяющего дать результат с приемлемой точностью.

Целью данной работы является создание и реализация алгоритма для определения объема угольной насыпи при помощи фотосъемки с беспилотного летательного аппарата. Общий алгоритм состоит из нескольких шагов:

– Фотосъемка угольной насыпи. Фотографии должны перекрывать друг друга минимум на 30%, а общая площадь покрытия должна равняться площади всей угольной насыпи.
– Поиск ключевых точек на смежных парах изображений.
– Определение положения ключевых точек в пространстве.
– Построение модели угольной насыпи.
– Нахождение объема построенной модели насыпи.

На этапе поиска ключевых точек будет использоваться один из уже существующих методов сопоставления изображений SURF, SIFT, FREAK и BRISK. Каждый из методов

имеет свой принцип работы, скорость, устойчивость к шуму, и точность в зависимости от размера изображения. Окончательный выбор будет сделан в конечной стадии работы, при сравнении полученных результатов.

Описанные выше методы позволят определять объем искусственных насыпей различного происхождения, таких как мусорные свалки, песчаные насыпи, насыпи из пустых пород и т.д.

Таким образом реализуемый алгоритм не потребует специализированного оборудования, активного человеческого участия и каких-либо сторонних знаний. Точность данного метода будет напрямую зависеть от количества фотографий и размера их перекрытия.

Разработка ПО «проектировщик электронных цепей» для создания электронных схем идентичных выражениям алгебры логики

Никольский Д.В.
Научный руководитель – Николаев П.Л.
МАИ, каф. СМиИГ
smig@mati.ru

Использование алгебры логики при моделировании систем автоматики даёт возможность описать различные вариации поведения системы в определённых ситуациях. Описать алгоритм логики работы управляющего устройства можно с помощью логических высказываний. В качестве операндов могут выступать задающие устройства, а в качестве результата – конечное оборудование. Если в системе множество задающих устройств и/или конечных устройств, то описать её можно в виде системы логических выражений.

Любую логическую операцию можно представить в виде электронной цепи.

«Проектировщик электронных цепей» ориентируется на использование студентами и направленно на удобное освоение алгебры логики, и сравнение электронных схем с выражениями алгебры логики. Практическое подкрепление знаний является очень важной составляющей обучения, иной раз практическое обучение приносит больше понимания материала, чем его теоритическая составляющая.

Планируемая эксплуатация связанна с выполнением лабораторных работ по созданию электронных схем на основе выражений алгебры логики. Для выполнения задачи в программе присутствует некоторое количество элементов электроники, которые можно располагать на рабочей зоне и соединять между собой. Интерфейс ПО разработан для быстрого понимания принципов работы в программе и для удобного и быстрого создания электронных схем.

Планируется реализация возможности проверять правильность выполненной работы посредством занесения в программу выражения алгебры логики и проверки программой соответствия работы схемы и выражения.

Для возможности дальнейшего развития своих схем, программа имеет возможность сохранения созданных схем в удобном виде, который позволит использовать разработанную схему в более профессиональных программах или же для реализации её на деле. Также для увеличения возможностей программы будет реализована возможность добавлять свои электронные элементы, для их дальнейшего использования в схемах. Данная задача не будет требовать наличия специфического ПО для создания элементов, а всё необходимое можно будет сделать с помощью стандартного ПО, встроенного в операционную систему.

Основным принципом в разработке ПО, является удобство и простота его использования, иными словами создания максимально «user friendly» интерфейса. Такой подход в высокой мере обуславливает желание пользователя использовать вашу программу и приносит ему удовольствие от пользования вашим ПО, а не раздражение, стресс и другие негативные эмоции.

Разработка программного комплекса электронного документооборота заявок на научные конференции

Новиков А.Ю.
Научный руководитель – Кейно П.П.
МАИ, каф. СМиИГ
science@conflab.ru

Научные конференции являются эффективным средством обмена научными знаниями, и этот формат набирает все большую популярность, что обусловлено развитием технологий, появлению новых изобретений и потребности в знаниях. Во время подготовки такого мероприятия, организаторы понапрасну тратят большое количество сил на рутинную работу, связанную с обработкой заявок. Участники конференции должны быть вовремя оповещены о принятии или отклонении своих работ, дате, времени проведения конференции и остальной важной информации. В то время как задача секретаря секции состоит в тщательном просмотре содержания научной работы, ему, тем не менее, приходится тратить время на организационную часть: сортировку потока корреспонденции, файлов и других материалов участников.

Для минимизации организационных работ был разработан сервис, позволяющий облегчить взаимодействие участников и докладчиков, наглядно показывая полную историю статусов заявок. Проект основан на модели обслуживания SaaS – Software as a Service, вследствие чего содержит весь необходимый инструментарий управления собственным ресурсом в виде облачной платформы. Каждый пользователь получает возможность развернуть и настроить собственную конференцию в виде информационного ресурса на отдельном домене по выбору пользователя.

Созданный ресурс может быть гибко настроен под необходимые стили оформления, благодаря использованию следующего функционала:

Шаблонизатор – служит для разделения логики обработки динамических данных и шаблонов;

FTP-доступ к шаблонам – позволяет вручную редактировать шаблоны, загружать графическую информацию, таблицы стилей CSS, скрипты JavaScript и другие файлы.

Для управления проектами разработана панель администратора, в функционал которой входит настройка полей, заполняемых пользователем при подаче заявки, допустимые типы загружаемых файлов, редактирование списка секций и назначение секретарей. Права доступа могут быть распределены таким образом, что администраторов может быть несколько.

Секретарь получает локальную панель управления, в которой функционал сконцентрирован на работе с пользовательскими заявками, а именно: просмотр, прием и отклонение тезисов, оповещение докладчиков обо всех изменениях статусов заявки, заполнение описания, контактной информации и других атрибутов секции.

Участники, зарегистрированные в качестве докладчиков, имеют личный кабинет, в котором могут подавать заявки (в том числе отправлять файлы, в зависимости от настроек проекта), отслеживать состояние заявок в обработке, включая историю изменений статусов.

Все остальные пользователи имеют доступ к Web-ресурсу конференции, где могут ознакомиться с мероприятием, программой секции и, при желании, зарегистрироваться и стать участниками.

Разработанный сервис предлагает комплексное, легко поддающееся настройке решение для организации научной конференции, предоставляя необходимый функционал для разных групп пользователей.

Исследование технологий определения местоположения в мобильной разработке на разных платформах

Новиков В.Е.
Научный руководитель – Николаев П.Л.
МАИ, каф. СМиИГ
java@captures.space

Во время разработки мобильного приложения появилась необходимость выбора реализации по определению местоположения пользователя с минимальными потерями трафика и заряда батареи смартфона.

Для решения такой проблемы было решено произвести сравнительный анализ множества реализаций получения гео-данных. Для исследования мы выбрали две самые популярные платформы, а именно, iOS и Android.

На мобильной платформе от Apple будем рассматривать только фреймворк «Core Location». Данная библиотека использует доступное аппаратное обеспечение для определения точных координат пользователя. «CoreLocation» предоставляет множество классов и протоколов для настройки и фильтрации получаемых гео-данных.

Под Android было найдено множество библиотек для получения гео-данных, но для сравнения были выбраны самые популярные и оптимизированные, такие как:

- «Google Services Passive mode» получает только координиаты, закешированные системой
- «Google Services GPS» использует GPS для получения гео-данных
- «Mylnikov Provider» получает данные, используя API, работающий на базе, агрегированной из нескольких геобаз по Wi-Fi.
- «Google Services Geofences» позволяет определять географические области, при вхождении в которые приложение поймает соответствующее событие
- «Google Services Combined mode» сбалансированный режим работы Google Services Passive mode + принудительный запрос координат по Wi-Fi и вышкам сотовой связи, если мы видим, что актуальность закешированных данных нас уже не устраивает.

От фреймворка для определения местоположения пользователя нам было необходимо получить максимальную точность и сократить к минимуму траты заряда аккумулятора. Именно по этим критериям мы и проводили сравнение представленных выше библиотек. Для тестирования всех, представленных выше, фреймворков, было разработано простое приложение и проведены тестирования. Приложения тестировались в точности определения местоположения при перемещении пешком и на машине.

После всех тестирований наш выбор пал на «Google Services Geofences» по сочетанию ТОЧНОСТЬ/ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ. Решения из коробки помогут только для стандартных сценариев, потому что в случае продвинутых вариантов только вы сами можете учитывать нюансы требований и специфику своего приложения.

Применение интеллектуального анализа данных для обнаружения мошеннических веб-сайтов

Павлов И.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
tefc@yandex.ru

Целью работы является разработка программного комплекса на основе персептронной нейронной сети для проверки web-сайтов на безопасность пользования.

В настоящее время всё сильнее ощущается необходимость в надёжной защите передаваемого информационного сигнала. Вредоносные веб-сайты широко используются для кибератак, спама и фишинга. Существующие методы обычно обнаруживают вредоносные URL-адреса, используя единственный критерий оценки – черные списки. Несмотря на очевидные плюсы черных списков, они имеют один главный недостаток – вредоносные сайты появляются ежедневно в огромном количестве и невозможно вовремя

добавить их в список. Обнаружение вредоносных URL-адресов и идентификация типа угрозы имеют решающее значение для предотвращения этих атак.

Для оценки безопасности сайта необходимо выделить основные факторы. На основе анализа мошеннических способов обмана пользователей были выбраны факторы, которые можно разбить на 5 групп: лексикон (длина названия домена, содержание известного названия), популярность URL (количество ссылок на указанный домен, популярность доменного имени), контент сайта (количество HTML-тегов, количество JavaScript функций, количество тегов iframe) и сетевой трафик (количество переадресаций, значение заголовка Content-Length). Совокупность данных критериев позволяют эффективно дать оценку вредоносности сайта.

Проверка сайта состоит из двух частей: оценка безопасности URL-адреса и определение типа атаки. Эти задачи нуждаются в разных методах обучения нейронной сети. Первая задача является проблемой бинарной классификации, необходимо определить принадлежность URL-адреса к доброкачественному или вредоносному классу. Данная задача решается методом опорных векторов. Этот метод решает задачи классификации путем построения нелинейной плоскости, разделяющей решения. Вторая задача – это проблема многоклассовой классификации, где каждый из классов соответствует типу атаки. Метод «k ближайших соседей» используется для решения второй задачи. Основным принципом метода k ближайших соседей является то, что объект присваивается тому классу, который является наиболее распространённым среди соседей данного элемента. В методе «k ближайших соседей» применяется взвешенный способ. При таком способе во внимание принимается не только количество попавших в область определенных классов, но и их удаленность от нового значения. Для каждого класса определяется оценка близости, класс, который имеет наибольшее значение близости, присваивается новому объекту.

Метод имеет 3 основных этапа: сбор данных из достоверных источников, выявление совокупности характеристик для оценки сайта, обучение нейронной сети для проверки URL-адреса и определения типа атаки. Эти этапы могут работать последовательно, как в режиме пакетного обучения, так и перемешанным методом: во время работы собираются дополнительные данные, чтобы постепенно обучать нейронную сеть. Перемешивание операций позволяет постоянно улучшать качество сети и процент определения вредоносных сайтов.

При проведении лексического анализа и проверка популярности URL-адреса были получены следующие результаты: проверив 40 000 заведомо безопасных и 40 000 мошеннических URL-адресов, метод достиг показателя в 98% точности. При определении типа атаки на сайт, были получены следующие результаты: точность определения фишинговых сайтов – 95%, точность определения спам сайтов - 91.7%, точность определения сайтов, содержащий зловредный код – 93.4%.

Разработка системы индексирования файловых серверов на базе протокола FTP

Павлов О.В.
Научный руководитель – Кейно П.П.
МАИ, каф. СМиИГ
smig@mati.ru

С развитием информационных технологий интернет начинает играть всё большую роль в жизни человечества. Объём информации генерируемой в сети ежедневно увеличивается, и проблема её поиска встаёт всё острее. Причём поиск её осуществляется не обязательно на гипертекстовых ресурсах. К примеру, весьма актуальной является тема поиска конкретных файлов на FTP-серверах. В работе рассматривается система индексации файлов, хранящихся на них, включающую в себя функционал хранения истории изменения файлов и параметров серверов. Российский рынок гипертекстовых поисковых систем на данный момент заполнен и поделён гигантами Google и Яндекс, поэтому актуальной задачей является поиск решения на базе других протоколов. В отличие от поисковых систем, работающих с сайтами, системы поиска файлов на FTP-

серверах обеспечивают более быстрое нахождение файлов, при этом менее распространены. Система состоит из трёх частей: робота-индексатора файлов, базы данных и сайта -поисковика. Хранение актуальной информации и истории изменения файла позволит отслеживать изменения файлов с момента первой обработки системой индексирования до момента удаления, переименования или перемещения. Хранение истории изменения данных о FTP-сервере позволит отслеживать историю изменения IP-адреса сервера, страны, где он расположен, провайдера, базовую директорию, приветственное и прощальное сообщения. Впоследствии все эти данные будут использованы для составления списков наиболее востребованных файлов и серверов.

Сбор данных будет осуществлять робот-индексатор, основанный на многопоточном рекурсивном проходе по директориям сервера и сохранении полученных информации о файлах в базу данных. Он получает и хранит список серверов для индексирования, периодичность повторного индексирования с целью проверки данных. Также будет реализована возможность запроса повторного индексирования отдельных серверов, файлов или всего списка серверов полностью.

Сайт-поисковик разработан в качестве интерфейса поиска для конечного пользователя и помимо жёстко заданных строк, поддерживает поиск по шаблонам поиска, расширению, размеру, дате создания, последней даты проверки файла, местоположению сервера. Также будет реализована возможность поиска среди удалённых файлов.

Основной задачей при создании системы индексирования файловых серверов является создание алгоритма получения информации о файловом сервере и находящимся на нём файлах, разработке структуры базы данных для хранения полученной информации и алгоритма работы системы индексирования. В качестве основного языка был выбран язык Python 2.7, как язык с низким порогом вхождения и наиболее подходящий для написания серверных скриптов, на основе которых функционирует многопоточный робот-сборщик данных о файлах. Для работы с базой данных используется язык SQL.

Разработка системы поиска по файловым серверам является актуальной задачей, поскольку не так много интернет-сервисов предоставляют подобный функционал. Несмотря на то, что сам протокол FTP является достаточно старым и, на сегодняшний день, не так удобен для пользования, в мире по-прежнему существует огромное количество файловых серверов, которые так или иначе нужно агрегировать с целью создания единой точки доступа к ним.

Информационный ресурс для максимально продуктивного взаимодействия туриста с инфраструктурой горнолыжного комплекса

Пахомов Е.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Гуснин С.Ю.
МАИ, каф. ИСТ
jekapahom21101094@gmail.com

В последние годы индустрия горнолыжного туризма является одной из самых быстро развивающихся отраслей в области внутреннего туризма в России. С каждым годом все больше и больше людей, особенно молодежи, в качестве зимнего увлечения выбирают горные лыжи или набирающий популярность сноуборд. Например, за последние 5 лет поток туристов горнолыжного курорта «Роза Хутор» вырос на 6 тыс. чел/сутки, курорта «Шерегеш» на 47 тысяч человек за сезон. В некоторой степени это связано с ростом курса рубля, что вынуждает часть туристов выбирать не зарубежные, а российские курорты, но немало туристов просто предпочитают российские курорты зарубежным по другим убеждениям. Важной характеристикой при выборе горнолыжного курорта является качество услуг и удобство их пользованием, поэтому для туристов очень важно ориентироваться в инфраструктуре комплекса, что достаточно непросто при большом количестве объектов. Для туристов важно получить максимальное количество услуг, в первую очередь количество прохождения горнолыжных трасс, соответствующих их индивидуальным требованиям, в наиболее комфортных условиях. Важны также

оперативные (прямо на склоне) квалифицированные консультации по выбору маршрута как подъёмов так и спусков

Имеющиеся схемы и карты горнолыжных комплексов не очень удобны и информативны. На двумерных изображениях в небольшом масштабе очень тесно располагаются все объекты, из-за обилия которых зачастую сложно разобраться что к чему.

Для получения общего представления о курорте, планирования распорядка дня, выбора трасс и прочих видов взаимодействия с инфраструктурой горнолыжного комплекса, посетителю приходится анализировать большое количество разнообразных, как правило разрозненных источников в различном представлении.

Единый информационный ресурс поможет быстро получить гораздо больше информации, в зависимости от заинтересованности каким-либо видом деятельности или направлением горнолыжного спорта, получить рекомендации по посещению определенных объектов, то есть осуществит более комфортное и продуктивное взаимодействие с туриста с комплексом, что будет выгодно обеим сторонам.

В докладе рассматриваются проблемы создания информационного ресурса в виде мобильного приложения включая:

Получение информации о различных объектах инфраструктуры горнолыжного комплекса (отели, трассы, подъемники, парки и т.д.)

Определение рекомендуемых линий спусков, в зависимости от умений пользователя (новичок, продвинутый уровень, эксперт) и интересующего направления (фрирайд, фристайл, слалом, непринужденный/разминочный спуск).

Отображение оценки уровня очередей на каждом подъемнике в режиме реального времени.

Определения длины очередей (исходных данных для расчёта реального времени подъёма) на каждом подъемнике.

Алгоритм определения каждого маршрута (в том числе план на каждый день) в зависимости от предыдущих маршрутов и индивидуальных возможностей и пристрастий конкретного горнолыжника.

Возможность использования и внедрения голосового взаимодействия с приложением:

1. языковая специфика данной области;
7. параметры характеризующие образ данного горнолыжника, позволяющие выбрать маршрут и осуществлять эффективное взаимодействие на естественном языке;
8. создание базы ответов и рекомендаций для этой задачи.

Разработка системы файловой синхронизации

Перепечко С.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
gungravewow@rambler.ru

В настоящее время многим пользователям приходится работать не на одном, а на двух или даже большем количестве компьютеров – на практике это автоматически означает необходимость синхронизации всех рабочих материалов. Как известно, существуют облачные сервисы вроде Яндекс.Диск и Dropbox, но, используя их, вы доверяете свои файлы третьей стороне без всяких гарантий нераспространенности ваших данных. Впрочем, многие современные утилиты справляются с задачей синхронизации, но зачастую файлы синхронизируются только в среде Windows. Целью данной работы является разработка системы синхронизации файлов, которая будет отвечать следующим критериям:

– Дешевизна – система должна быть конкурентоспособной на рынке аналогов

– Простота – пользователь не должен сталкиваться с какими-либо сложностями при использовании данной системы

– Кроссплатформенность – синхронизация файлов должна выполняться между операционными системами Windows и Linux

– Возможность мониторинга и получения доступа к актуальной сетевой папке определенному количеству пользователей

– Возможность создания инкрементальных копий данных на сетевой папке

В ходе работы над данной темой на операционной системе Linux был поднят и сконфигурирован Samba сервер для обмена файлами с Windows хостами, с точки зрения которых сервер является сетевой папкой. В системе Windows разработано приложение на языке C#, запускаемое по типу Windows Service с некоторым расписанием, которое задаётся в конфигурации.

Приложение представляет собой слабосвязную систему взаимозаменяемых компонентов:

Основная сборка-хост, являющаяся службой Windows Service, которая при запуске ищет все компоненты системы, регистрирует их и запускает очередь задач

Сборка-библиотека классов, которая представляет абстракции для компонентов (API)

Сборка компонентов, которая не зависит от приложения-хоста, а зависит лишь от сборки API и выполняет задачу службы

Использование системы файловой синхронизации намного увеличит производительность работы и упростит возможность взаимодействия нескольких пользователей при оперировании файлами, а также их сохранность, так как система поддерживает данные в актуальном состоянии на разных компьютерах без привлечения внешних сервисов в качестве посредников.

Проблемы создания систем распознавания знаков дорожного движения

Полянин А.И.
Научный руководитель – доцент Молчанова С.И.
МАИ, каф. ИСТ
polyaninartyom@mail.ru

Тенденция роста количества автомобилей приводит к повышению требований безопасности дорожного движения, как с законодательной стороны, так и с технологической точки зрения. По мере развития автомобильного транспорта были разработаны различные системы, повышающие безопасность и помогающие в управлении водителю. К таким системам относятся антиблокировочная система (ABS), электронный контроль устойчивости (ESC или ESP), системы помощи при парковке и другие.

Одной из перспективных и развивающихся технологий является система распознавания дорожных знаков. Она может входить в состав таких комплексов, как помощь водителю, автономные транспортные средства или роботизированные системы [1].

Данную технологию уже применяют в своих продуктах производители автомобилей Audi, BMW, Mercedes, Opel, Ford, Volkswagen, Volvo и другие.[2]. Основными минусами этих систем считаются высокая стоимость из-за того, что в них используются специальные камеры и высокопроизводительные процессоры, а также ограниченное количество моделей автомобилей, в которых они устанавливаются.[3] Альтернативным решением может являться использование мобильных устройств. В общем случае распознавание образов сводится к трем задачам.[4]

Первая задача - представление исходных данных. При её решении могут использоваться следующие методы: бинаризация по порогу, фильтрация высоких и низких частот (фильтр Гаусса и фильтр Габора соответственно), преобразование Хафа, фильтрация контуров (операторы Кэнни и Соболя), преобразование Фурье[5], интегральное представление.[6]

Вторая задача - выделение характерных признаков или свойств из полученных исходных данных. При решении используется один из следующих алгоритмов: анализ контуров, поиск особых точек или вейвлет-преобразование.[5][7]

Третья задача - создание оптимальных решающих процедур, необходимых при идентификации и классификации. Разделяют три группы методов распознавания образов: методы сравнения с образцом (классификация по ближайшему среднему или по расстоянию до ближайшего соседа), статистические методы – используют некоторую статистическую информацию при решении задачи распознавания[5] и методы, в основе которых лежат искусственные нейронные сети (ИНС).[8]

При распознавании образов с помощью мобильных устройств, необходимо использовать быстрые и менее ресурсозатратные методы. В работе «Traffic Sign Recognition system on Android devices» рассматривались две основные техники: поиск по цвету и форме, а также метод обратного распространения ошибки с использованием классификатора AdaBoost. В ходе данной работы были выявлены следующие проблемы: максимальная скорость автомобиля, при которой распознавание стабильно – 50 км/ч, быстрый разряд аккумулятора, высокие требования к качеству камеры и перегрев телефона. [9] Эти ограничения в будущем можно будет преодолеть так, как мобильные устройства с технологической точки зрения продолжают развиваться, а также ИНС становятся более совершенными и являются сегодня одними из самых перспективных технологий.

Литература

[1] Zhiyong Huang, Yuanlong Yu, Jason Gu, Huaping Liu An Efficient Method for Traffic Sign Recognition Based on Extreme Learning Machine: IEEE Transactions on Cybernetics, 2016, - 14 с.

[2] Traffic sign recognition. https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_sign_recognition

[3] Основные особенности нового Opel Mokka: активная и пассивная безопасность – Opel Россия. http://www.opel.ru/vehicles/opel_range/mashiny/mokka/harakteristiki/safety-driver-assistance.html

[4] Дж. Ту, Р. Гонсалес Принципы распознавания образов: Пер. с англ. И. Б. Гуревича /Под ред. Ю. И. Журавлева –М., Мир, 1978 -414 с.

[5] Мальцев А. Пару слов о распознавании образов. https://habrahabr.ru/post/208090

[6] Буй Тхи Тху Чанг, Фан Нгок Хоанг, В.Г. Спицын Распознавание лиц на основе применения метода виолы–джонса, вейвлет-преобразования и метода главных компонент: Известия Томского политехнического университета, 2012, Т. 320. № 5

[7] Академия Intel: Введение в разработку мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP. Лекция 3: Детекторы и дескрипторы ключевых точек. Алгоритмы классификации изображений. Задача детектирования объектов на изображениях и методы её решения. http://www.intuit.ru/studies/courses/10621/1105/lecture/17983

[8] Азаров Д. Методы распознавания образов. Часть 1. http://oxozle.com/2015/03/29/metody-raspoznavaniya-obrazov-chast-1

[9] Tran, Hai S. Traffic Sign Recognition system on Android devices: Massey University, 2013 -54 с.

Создание программных средств для автоматизированного тестирования инструментов анализа текстов

Попов С.С.
Научный руководитель – Полицын С.А.
МАИ, каф. ПВК
sergey1404sergey@mail.ru

Существует два основных вида тестирования ПО: ручное и автоматизированное тестирование. Чтобы вручную исследовать на дефекты систему, обладающую значительным объемом, необходимо затратить много времени и ресурсов. Используя автоматизированный подход, времени на тестирование будет затрачено значительно меньше, поэтому этот метод очень актуален и востребован в настоящее время. Например, крупные компании, такие как Google, взяли курс на полную автоматизацию процесса тестирования.

Разрабатываемые на кафедре «Проектирование вычислительных комплексов» МАИ инструменты анализа текста являются сложным программным комплексом, состоящим из множества взаимосвязанных частей. Главным элементом комплекса инструментов является открытая система автоматизированной обработки текстов на русском языке, которая включает в себя набор инструментов обработки, накопления полученной информации и ее последующего анализа. Система имеет представляет собой клиент-серверное многопользовательское веб-приложение, имеющее графический интерфейс пользователя для доступа к инструментам базовой и аналитической обработки и программный интерфейс для обеспечения возможности использования инструментов системы в других приложениях и систему управления данными и инструментами.

Инструменты анализа текстов являются сложным программным комплексом, поэтому для его тестирования особенно важно создавать инструменты автоматизированного тестирования. Для повышения качества и стабильности работы инструментов анализа текста была необходима разработка тестовой модели для системы анализа текстов в части функциональности, непрерывное тестирование веб-интерфейса, функций и методов при внесении новых изменений разработчиками.

Проведенный анализ показал, что существует ряд инструментов для автоматизации проведения многих видов тестирования различных по сложности и архитектуре систем:

- Инструменты для функционального и регрессионного тестирования: HP QuickTest Professional, IBM Rational Robot, IBM Rational Functional Tester, Borland Silk Test, TestComplete, UniTESK.
- Инструменты для функционального тестирования веб-приложений: TestComplete, Selenium 2, Selenide, PhantomJS, CasperJS, Технология XWeb Human Emulator, Telerik WebUI Test Studio,
- Инструмент для нагрузочного тестирования: Яндекс.Танк.
- Инструменты для модульного тестирования: Библиотека JUnit, TestComplete.

Проведение комплексного тестирования инструментов анализа текста позволит повысить его качество. Автоматизация тестирования даст ряд преимуществ: процесс тестирования ускорится, так как компьютер быстрее исполняет действия, чем человек, кроме того программа будет четко выполнять предписанные шаги сценария в отличие от человека, способного ошибаться в процессе монотонной работы.

Создание программных средств для автоматизации тестирования позволит выявлять ошибки при добавлении новой функциональности, поддерживать систему в корректном состоянии, быстро реагировать на возникновение неисправностей, что особенно важно в виду взаимодействия множества инструментов комплекса, сложности алгоритмов обработки больших объемов данных.

Применение методов искусственного интеллекта в системах управления интеллектуальными зданиями

Потапов А.О.
Научный руководитель – Николаев П.Л.
МАИ, каф. СМиИГ
r3novatio@mail.ru

До настоящего времени умный дом был оборудован специально структурированной системой, позволяющей жильцам дистанционно управлять электронными устройствами путем ввода нескольких команд. Жильцам предоставлялись такие решения как: управление безопасностью дома, контроль и измерение температуры, управление освещением и мультимедийными системами, а также выполнение множества других задач.

В настоящее время научно-исследовательские проекты сосредоточены на создании интеллектуального дома, который в состоянии принимать решения самостоятельно, исходя из личностных потребностей постояльцев. В связи с этим большое количество исследований связано с изучением Искусственного интеллекта (ИИ). В данной статье будут рассмотрены основные методы использования ИИ в интеллектуальных зданиях.

Многоагентная система представляет собой систему, состоящую из нескольких интеллектуальных агентов, способных быстро взаимодействовать друг с другом путем передачи сообщений или генерации изменений в их общей среде.

Для адаптации к постояльцам и достижения эффективного и комфортного проживания, интеллектуальная среда должна иметь возможность приобретать и применять знания о ее жильцах. Эти возможности построены на алгоритме прогнозирования действий, основанном на наблюдении и накапливании опыта. Такие алгоритмы могут предсказывать действия, которые будет принимать постоялец. Также алгоритм может изучать политику управления домом. На основе полученной информации система может решить, следует ли автоматизировать ежедневные задачи, такие как: активация или деактивация конкретного устройства или включения системы безопасности в случае отсутствия пользователя дома.

Помимо этого в интеллектуальных зданиях применяются искусственные нейронные сети (ИНС). К достоинствам ИНС относятся: обучение на основе полученного опыта, а также извлечение данных из большого количества информации. Под обучением подразумевается процесс отладки сетевой архитектуры и весов синаптических связей, необходимых для эффективного решения поставленной задачи.

Также очень важна теория нечёткой логики, основанная на неопределенности и неточности. Неопределенность очень естественна для человека и люди, как правило, принимают решения основываясь на неоднородных наблюдениях. Человек может не взять зонт, выходя на улицу, если дождь идет не сильно. В данном случае под нечёткой логикой понимается слово «сильно», имеющее различный вес для каждого человека.

Вместе с тем к интеллектуальному зданию применим метод обучения с подкреплением. Его суть заключается в наблюдении за действиями обучаемого объекта и в зависимости от конечного результата происходит наказание или поощрение. Основная задача – нахождение оптимального состояния с получением максимального уровня поощрения за выполнение последовательности действий.

На текущий момент все больше и больше интеллектуальных зданий строится с внедрением искусственного интеллекта, создавая более гибкую и активную среду, способную быстро реагировать на потребности пользователя.

Оптимизация алгоритма Paxos путем изменения количества участников в кворумах распределенной системы

Прокопеня И.А.
Научный руководитель – к.т.н. Титов Ю.П.
МАИ, каф. 302
igorprokopenya@gmail.com

Работа посвящена исследованию проблем алгоритмов принятия консенсуса в распределенных системах. Алгоритмы принятия консенсуса позволяют строить надежные системы из ненадежных компонентов. Одной из проблем в построении таких систем является задача достижения консенсуса. Под консенсусом следует понимать получение согласованного результата группой участников(серверов). В данной работе был исследован Single Paxos алгоритм. Данный алгоритм предназначен для решения задачи консенсуса в сети ненадёжных вычислителей. Алгоритмы семейства Paxos обладают свойствами согласованности и устойчивость к разделению системы, но не гарантирую доступность данных в любой момент времени.

В научных трудах Vertical Paxos и The ABCD’s Paxos было отмечено, что алгоритм Paxos можно модернизировать, используя различные кворумы для чтения и записи. Эту идею можно продемонстрировать на Single Paxos алгоритме.

Классический алгоритм Single Paxos состоит из двух фаз:

Фаза 1: broadcast Prepare

Инициатор выбирает предложение с номером N и выполняет Prepare запрос для всех выборщиков.

Если выборщик получает Prepare запрос с номером N, большим чем номер любого другого Prepare запроса, то он отвечает на запрос и обещает никогда больше не принимать предложение с номером меньшим N.

Фаза 2: broadcast Accept

Если выборщик получает ответ на Prepare запрос с номером N от большинства выборщиков, он посылает Accept запрос каждому из выборщиков, содержащий предложение (v, N), где значение v выбрано в результате поиска среди всех ответов на Prepare запрос по максимальному номеру предложения, или же со значением посланным инициатором, если Prepare запрос не вернул ни одного предложения.

Выборщик получает Accept запрос с номером N, он принимает предложение, если только не отвечал на Prepare запрос с номером большим N.

В данном алгоритме инициатор дважды ждет большинства голосов от выборщиков на стадии Prepare и Accept. Первое большинство именуется как кворум чтения, а второе - кворум записи. Мною реализован алгоритм, который использует различные кворумы для чтения и записи. Это позволяет повысить производительность и масштабируемость алгоритма. Например, для кластера из 5 узлов в кворум чтения должно входить 2, а в кворум записи, как минимум, 3 узла. В оригинальном Single Paxos размер этих кворумов фиксирован и равен n/2 + 1(где n кол-во узлов в кластере).

Литература.

Leslie Lamport, Dahlia Malkhi, Lidong Zhou. Vertical Paxos and Primary-Backup Replication - Microsoft Research. 2009

Butler W. Lampson. The ABCD’s of Paxos. The ABCD’s of Paxos Cambridge, MA 02138 – Microsoft

Leslie Lamport. Paxos Made Simple. 2001

М.С. Косяков. Введение в распределенные вычисления. Учебное пособие. - Санкт-Петербург. 2014

Основы моделирования при помощи аддитивных технологий

Пятницкий Н.С.
Научный руководитель – Харитоненков А.И.
МАИ, каф. СМиИГ
plazven@mail.ru

Аддитивные технологии производства позволяют изготавливать любое изделие послойно на основе компьютерной 3D-модели. Такой процесс создания объекта также называют «выращиванием» из-за постепенности изготовления. Если при традиционном производстве в начале мы имеем заготовку, от которой оптом отсекаем все лишнее, либо деформируем ее, то в случае с аддитивными технологиями из аморфного расходного материала выстраивается новое изделие. В зависимости от технологии, объект может строиться снизу-вверх или наоборот, получать различные свойства.

Под аддитивным производством понимают процесс выращивания изделий на 3D-принтере по CAD-модели. Этот процесс считается инновационным и противопоставляется традиционным способам промышленного производства.

Перечислим главные особенности применения данных технологий:

Улучшенные свойства готовой продукции. Благодаря послойному построению, изделия обладают уникальным набором свойств. К примеру, деталь, созданная на металлическом 3D-принтере по своему механическому поведению, плотности, остаточному напряжении и другим характеристикам превосходит аналог, полученные с помощью литья или механической обработки.

Большая экономия сырья. Для производства изделия используется практически то количество материала, сколько нужно для его изготовления. При традиционных способах изготовления потери сырья могут составлять до 80-85%.

Возможность изготовления изделий со сложной геометрией. Оборудование для аддитивных технологий позволяет производить предметы, которые невозможно получить другим способом. Например, деталь внутри детали. Или очень сложные системы

охлаждения на основе сетчатых конструкций (этого не получить ни литьем, ни штамповкой).

Мобильность производства и ускорение обмена данными. Больше нет необходимости в чертежах, замерах и громоздких образцах. В основе аддитивных технологий лежит компьютерная модель будущего изделия, которую можно передать в считанные минуты на другой конец мира – и сразу начать производство.

На данный момент рынок трехмерной печати далек от перенасыщения. Аналитики отрасли сходятся во мнении, что аддитивные технологии ждет великое и светлое будущее. Уже сегодня научно-исследовательские центры, занимающиеся AF-разработками, получают огромные финансовые вливания от оборонного комплекса и медицинских государственных институтов, что не дает усомниться в их востребованности.

Разработка математических моделей деградационных процессов лавинного типа с помощью метода наименьших квадратов

Радонцева Е.К.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Чернова Т.А.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
elizabet.radontseva@yandex.ru

Практически все электротехнические устройства, узлы и отдельные элементы характеризуются множеством параметров. Взаимная связь всех процессов в электротехнических устройствах позволяет выделить некоторые отдельные «характеристические» или определяющие параметры, по которым можно судить о состоянии электротехнического объекта и о режиме его работы. При нормальной работе электротехнических устройств все их характеристики непрерывны и находятся в нормативно установленных коридорах. Деградационные процессы лавинного типа наступают в результате износа отдельных узлов или элементов электротехнических устройств. Под лавинными понимают процессы стремительного изменения характеристических параметров, когда они достигают предельных значений.

При разработке математических моделей для исследования лавинных процессов применяют дробно-рациональные и степенные функции. При моделировании функций деградационного изменения характеристических параметров данные получают в процессе эксплуатации в табличной форме. По табличным данным устройства можно установить аналитические закономерности деградационного изменения его параметров и характеристик и по ним прогнозировать ожидаемые моменты отказов, что бы таким образом предотвратить опасность аварий.

Наилучшие результаты в определении аналитических зависимостей обеспечивает *метод наименьших квадратов* (МНК). В соответствии с этим методом для заданной таблично функции $\varphi_i(x_i)$ подбирают приближающую аналитическую функцию *f(x),* которая обеспечивает наименьшее среднеквадратичное отклонение от точек табличной функции. Анализ функций и их графиков позволяет установить следующее: все функции имеют начальное значение $y = a_0$, известное из паспортных данных на эксплуатируемое устройство, или полученное экспериментально для исправного режима работы. Поэтому при анализе деградационного изменения целесообразно исследовать не всю функцию y(x), а только ее деградационные отклонения $\varphi(x) = [y(x) - a_0]$. Начальное значение функции отклонения $\varphi(x) = 0$, её график проходит через начало координат. При определении количества параметров аппроксимирующих функций для функции отклонения их число уменьшается на единицу, поэтому снижается порядок нормальных систем по МНК, что экономизирует вычисления. [1]

Для реализации математической модели на ЭВМ использован язык программирования C# в среде разработки Visual Studio 2013, для хранения данных в табличной форме использована система управления реляционными базами данных Microsoft SQL Server.

Литература.

1. Чернова Т.А., Подобедов Т.В., Кубрин П.В. Алгоритмизация изменений условного показателя состояния технических объектов в процессе их функционирования и разработка комплекса программ. Материалы 11-й Всероссийской научно-практической конференции «Применение ИПИ-технологий в производстве». Труды конф. М.,:МАТИ, 2013,-128с.

Концепция модульной среды разработки шейдеров OpenGL

Рассохин С.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
poeturbo@mail.ru

С развитием информационных технологий становится всё сложнее ориентироваться в получившемся объёме информации. Особенно это касается языков программирования, средств и подходов к разработке программного обеспечения. Порой эта сложность является скорее препятствием, чем преимуществом для разработчика. С целью упрощения этого процесса создаются языки более высокого уровня, интегрированные среды разработки, позволяющие упростить выполнение рутинных задач благодаря автоматическому дополнению кода и наличию встроенных справочных материалов. Однако одним из самых существенных преимуществ является возможность использовать графический интерфейс для автоматической генерации некоторых участков кода. Обычно этот подход используется для создания интерфейса программы и работы с элементами управления, то есть с графической составляющей. Однако, возможно перенести задачу по созданию кода программы на сторону среды разработки, а для разработчика оставить лишь графический интерфейс с интуитивно понятным управлением. Такой подход позволит снизить порог вхождения для определенных сфер разработки, а может и позволит выполнять большинство задач без участия программиста. Особенно эта тема актуальна для дизайнеров в компьютерной графике, где очень важна возможность в реальном времени видеть результат работы и взаимодействовать с ним.

Цель моей работы – создать интуитивно понятную среду разработки шейдеров OpenGL, позволяющую создавать сложные эффекты без написания непосредственно кода программы.

Основной функционал:

– Функциональные модули. Работа программы строится на взаимодействии модулей для получения конечного изображения.

– Пользовательские расширения. Предусмотрена возможность расширения функционала программы путём создания своих модулей из базовых.

– Возможность выбора объекта или изображения для проверки работы шейдера.

– Каждый модуль представляет из себя функцию или совокупность функций и обладает определенным количеством входов и выходов. Их объединение осуществляется путём подключения выходов одних модулей к соответствующим входам других модулей.

– После объединения нескольких модулей есть возможность создать из них отдельный модуль для упрощения работы, а также сохранить его для последующего использования в других проектах.

В процессе работы важно иметь возможность проверить результат, для чего можно выбрать изображение либо 3D модель, к которому будет применён шейдер.

Такой подход позволит ускорить процесс разработки, облегчить задачу разработчика, так как код будет создаваться динамически при добавлении и объединении модулей, а результат будет сразу отображаться на выбранной трёхмерной модели или изображении ещё на этапе внесения изменений.

Модуль взаимодействия с сервером очередей в открытой системе автоматизированного анализа текстов

Рудометкин В.А.
Научный руководитель – к.т.н. Полицына Е.В.
МАИ, каф. ПВК
mccarl@yandex.ru

Открытая система автоматизированной обработки текстов предназначена для решения задач анализа текстов: выделения различной информации из текстов, построения наборов ключевых слов, классификации текстов, исследования наборов текстов по разным критериям и др. Задачи анализа текста зачастую довольно сложны, поэтому обработка любой из них может потребовать много ресурсов сервера и времени на обработку.

Реализованная архитектура открытой системы автоматизированного анализа текстов запускает обработку всех новых поступающих задач. Такой алгоритм расходует все доступные ресурсы системы и новая поступающая задача может привести к некорректной работе системы с потерей всех текущих результатов, поэтому необходимо создание модуля диспетчеризации, который будет следить за текущим состояние ресурсов системы, накапливать поступающие задачи с использованием сервера очередей и отправлять их на обработку по мере высвобождения ресурсов системы.

Диспетчер задач состоит из двух составляющих модуль взаимодействия с сервером очередей и модуль диспетчеризации.

Модуль взаимодействия включает в себя функции для работы с очередью: получение, отправка и вставка задач в очередь. Модуль диспетчеризации проводит анализ задач: получение информации о сложности, времени выполнения, приоритете задачи и на основе текущего состояния системы отправка ее на обработку или в очередь.

Модуль взаимодействия с сервером очередей на основе данных из модуля диспетчеризации определяет принадлежность задачи к той или иной очереди, добавляет задачу в соответствующую очередь с учетом приоритета. Если задача обладает повышенным приоритетом, то производится вставка ее в начало, иначе по умолчанию задача добавляется в конец очереди.

Диспетчер задач добавляет возможности выполнения операций с задачами и их очередями, что в результате приводит к снижению к более равномерному распределению нагрузки на ядро системы. Также появляется возможность реализации распределенной архитектуры хранения задач, что позволяет сохранять текущие выполнения и накопленные задачи в случае сбоя работы ядра системы.

Оптимизация ярусно-параллельной формы алгоритма и числа модулей-ЦП во встроенном мультипроцессоре управления бортовым телеманипулятором

Рябов В.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Волков Н.Н.
МАИ, каф. 304
vv.ryabov@mail.ru

В докладе рассматривается оптимизация ярусно-параллельной формы алгоритма управления бортовым телеманипулятором с целью определения оптимального числа модулей-ЦП во встроенной мультипроцессорной системе.

Производительность параллельных вычислительных систем зависит от многих факторов и в значительной степени от архитектуры и структуры системы. Наиболее общей формой представления алгоритмов является информационно-управляющий граф алгоритма, а более определенной формой представления параллелизма задач является аппарат ярусно-параллельной формы (ЯПФ). Алгоритм в ярусно-параллельной форме представляется в виде ярусов, причем в нулевой ярус входят операторы (ветви) независящие друг от друга. На графе обозначаются переходы, означающие передачу результатов вычисления примитивной операции из одного яруса к операции из следующего яруса.

Главными характеристиками, определяющими уровень распараллеленности алгоритма функционирования системы являются ширина ЯПФ, определяющая общее количество модулей-компонент обработки в используемой встроенной мультисистеме, а так же алгоритмическая составляющая общей загрузки встроенной мультисистемы обработки, определяющая усреднённый уровень равномерности загрузки модулей-компонент обработки в циклах жёсткого режима времени.

Одной из главных проблем структуризации распараллеленной обработки является значительное увеличение неравномерности алгоритмической загрузки модулей-процессоров при расширении информационно-логического графа (ИЛГ) алгоритма функционирования. Это может привести даже к снижению общего используемого ресурса производительности встроенной мультисистемы при расширении ИЛГ (алгоритмическая составляющая загрузки снижается быстрее, чем расширяется ИЛГ) и, как следствие – к нарушению условия принципиальной возможности организации параллельной обработки.

Противоречивость влияния главных характеристик ЯПФ распараллеленных структур алгоритмов функционирования на общий используемый ресурс обработки встроенной мультисистемы является главной причиной необходимости проведения оптимальной структуризации алгоритмической платформы вычислительной системы и определяет основные особенности формирования функционала (критерия) оптимизации ЯПФ алгоритмической платформы, а всегда ограниченное и сравнительно небольшое количество формируемых структур-альтернатив ЯПФ определяет организацию процедуры поиска оптимальной ЯПФ путём (по методу) их последовательного перебора.

Результат оптимизации по методу последовательного перебора может быть получен в виде максимального элемента массива значений выбранного критерия оптимизации для всех предварительно сформированных ЯПФ-альтернатив. Таким образом, определяется число модулей-процессоров при котором будет достигнуто оптимальное соотношение между скоростью функционирования вычислительной системы и равномерностью загрузки вычислительных модулей.

Разработка кроссплатформенного приложения для проверки знаний студентов

Рябов Д.А.
Научный руководитель – Николаев П.Л.
МАИ, каф. СМиИГ
SomeFireOne@gmail.com

В настоящее время идёт активный переход от очного обучения к удалённому. Уже существует множество сайтов, фирм и университетов, предлагающих дистанционное обучение множеству специальностей. И, разумеется, такое обучение происходит посредством браузера, что накладывает некоторые ограничения на учебный процесс.

Основным недостатком такого подхода является жесткое требование к наличию сети интернет. И хотя в современном мире интернет уже давно не является чем-то редким и труднодоступным, всё же не у всех есть возможность пользоваться интернетом в дороге, например, в самолёте или поезде.

С целью самостоятельной проверки знаний обучающиеся могут воспользоваться разрабатываемым приложением. Оно позволяет хранить набор тестов в памяти устройства и не требует постоянного наличия сети интернет – достаточно лишь раз скачать само приложение.

Кроме того, планируется реализовать возможность скачивать с сервера лекции и дополнительные тесты. А также проходить в режиме онлайн тесты, предназначенные для контроля самостоятельной работы.

В основе приложения лежит фреймворк LibGDX[1], позволяющий компилировать Java-приложения на 4 платформы[2]: персональные компьютеры, android-устройства, iOS-устройства и Web. Благодаря фреймворку для всех устройств используется один и тот же код. И лишь совсем платформоспецифические вещи приходится писать отдельно.

Фреймворк написан таким образом, что графические компоненты на всех устройствах выглядят одинаково, а управление в общем случае не зависит от платформы.

Благодаря этому свойству можно не беспокоиться о написании отдельных платформозависимых компонентов или методов, а обучающиеся смогут одинаково пользоваться программой как на персональном компьютере, так и на мобильных устройствах.

Для межсетевого взаимодействия клиентов и сервера будет использоваться пакет «gdx.net», содержащий в себе реализации запросов, сокетов и других интерфейсов для вышеперечисленных платформ.

К сожалению, в виду использования в web весьма специфической архитектуры, создание единого клиента для браузерной версии приложения и небраузерных неизбежно повлечёт за собой использование интерфейсов и написание излишнего количества реализаций для реализаций программы ко всем платформам. Впрочем, поскольку основной целью разрабатываемого приложения является проверка знаний в режиме офлайн, а веб-версия является веб-страницей на сервере, то разработкой веб-версии можно пренебречь. Также неплохим решением будет оставить данный проект для Open Source-разработчиков, это может вовлечь в процесс образования самих учащихся и дать им полезный практический опыт.

Литература

[1] https://libgdx.badlogicgames.com/ - официальный сайт фреймворка

[2] https://github.com/libgdx/libgdx/wiki - официальные статьи по фреймворку.

Обзор программного продукта KNIME для решения задач аналитической поддержки авиационных предприятий

Садковский Б.П.

Научный руководитель – к.т.н Князев О.В.

МАИ, каф. УИН.

xlegus@gmail.com

Современным авиационным компаниям необходимо хранить и обрабатывать огромные объемы разнородной информации, например данные о клиентах, данные о производимом оборудовании. Для использования этих данных необходимо уметь их анализировать, часто в режиме, близком к режиму реального времени.

На сегодняшний момент существует большое количество различных систем для проведения анализа данных и интегрированных аналитических платформ - KNIME, RapidMiner, SPSS,Weka,Matlab, STATISTICA и др. Все они позволяют задействовать при анализе различный набор методов как статистического, так и нестатистического подохда.

Knime Analytics Platform является Open Source фреймворком для анализа данных. Данный фреймворк позволяет эффективно создать полный цикл анализа данных включающий запрос информации из различных источников, преобразование и фильтрацию, собственно анализ, визуализацию и экспорт.

Выделим задачи анализа данных, которые возможно решать используя продукт Knime на авиационных предприятиях:

- Оценка качества наукоемкой авиационной продукции.
- Повышение лояльности клиентов авиакомпаний.
- Управление аэропортом с использованием элементов Big Data.
- Оценка кредитоспособности предприятий авиационной промышленности.
- Анализ успеваемости студентов авиационного вуза.

В Knime процесс программирования и автоматизации бизнес-логики осуществляется через создание потока данных (Workflow). Специализированный Workflow содержит узлы, которые выполняют ту или иную функцию (например чтение данных из базы данных , проведение трансформации, графического представления результатов). Узлы, соответственно, соединяются между собой стрелочками которые показывают направление движение данных.

Потоки данных могут быть запущенны через интерактивный интерфейс пользователя и обрабатываться в пакетном режиме, упрощая интеграцию процесса

анализа данных и выполнения на периодической основе. Основная часть системы включает в себя более 100 модулей для потоковой обработки данных:

- узлы доступа к данным – для чтения и записи данных из баз данных и файлов различных форматов;
- узлы управления данными – для управления таблицами данных, которые используются между узлами;
- инструменты для визуализации графиков и таблиц;
- узлы для статистики и интеллектуального анализа данных, такие как регрессия, кластеризация, нейронные сети, деревья принятия решений.

Платформа KNIME предоставляет широкие возможности для анализа данных авиационных предприятий при помощи визуальных компонент, поэтому от пользователя требуются минимальные знания языков программирования или не требуются вовсе. Это делает работу по анализу данных более эффективной и ориентированной для широкого круга пользователей – сотрудников авиационных предприятий.

Анализ возможностей систем мониторинга Zabbix и PRTG Network Monitor

Сажин Д.С.
Научный руководитель – Квашнин В.М.
МАИ, каф. СМиИГ
dmitry.sazhin2@gmail.com

Сопровождение информационных систем и сетевого оборудования подразумевает мониторинг всей структуры в целом, требуется видеть полную «картину» происходящего. Не тривиальным решением данной задачи является - создание скриптов, которые будут опрашивать систему по заданному расписанию и составлять отчет. Но у данного метода есть несколько недостатков:

Большое количество затраченного времени на изучение языков сценариев (Shell, PowerSheel, Python).

Высокая трудоемкость при развертывании на устройствах. В случае, если контроля требуют несколько десятков или сотен машин, возникнет необходимость развертывания скрипта на каждой из них.

Кроссплатформенность. Если инфраструктура реализована в разных семействах, то потребуется разработка разных скриптов для решения одних и тех же задач.

Данные проблемы решаются развертыванием системы мониторинга, задачей которой являются определение статусов разнообразных компонентов компьютерной сети : сервера, сетевое оборудование, виртуальные машины, каналы передачи данных, интефейсы и т.д. Рассмотрим для примера две системы мониторинга Zabbix и PRTG Network Monitor.

Zabbix – система, способная производить мониторинг множества разнообразного оборудования, начиная от отдельных хостов, и заканчивая огромными ЦОД. В свою очередь PRTG направлено на мониторинг сетевого оборудования – сетевые устройства, интерфейсы, порты.

Работа с решением Zabbix подразумевает установку собственных агентов на объект мониторинга, которые поддерживаются практически со всеми ОС. PRTG имеет такое понятие, как «сенсор» (сетевая служба, которая располагается на разных моделях OSI). Огромным плюсом при выводе системы мониторинга в интернет, является, что каждая из них способна работать с протоколом поддерживающим шифрование – https.

Преимущества систем. Zabbix – Возможность проводить мониторинг всех внутренних процессов (всей инфраструктуры); существование возможности создания шаблонов и сценариев. PRTG – Простота работы и установка, все действия делаются на интуитивном уровне, что и приводит к высокой распространенности; не требует установки дополнительного ПО для работы системы целиком.

Недостатки систем Zabbix – Требуется предустановка apache, php, mysql, также работа Zabbix сервера должна осуществляться на *nix-подобной системе. PRTG – малый

спектр задач, которые могут решаться (сетевые устройства); сервер PRTG предусматривает работу в среде Microsoft.

За счет возможности мониторинга информационных систем (СУБД, java-машин, виртуальных машин и т.д.) Zabbix привлекает к себе внимание, как мощное, надежное решение в проблеме мониторинга крупных систем и сетевого оборудования.

Учебно-лабораторный стенд для тестирования защищенности локальной сети

Самарский Д.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Пронин А.С.
РадиоВТУЗ МАИ, каф. 44-1
samarskiy.dm@gmail.com

В докладе рассматриваются актуальные вопросы получения студентами практических навыков по защите информации в компьютерных сетях.

Информационные технологии становятся неотъемлемым атрибутом современного общества. Происходит внедрение новых информационных технологий во все сферы деятельности человека. Этот процесс сопровождается существенными изменениями в теории и практике защиты информации. В связи с этим чрезвычайно важно, чтобы обучение студентов было основано не только на фундаментальных знаниях в избранной области, но и на получении практических навыков по защите информации. Последнее, в частности, может быть существенно затруднено из-за отсутствия доступа к современному телекоммуникационному оборудованию. В этом случае существенную помощь в получении студентами практических навыков по защите информации может оказать сочетание средств программной симуляции и эмуляции сетевых телекоммуникационных устройств с доступными аппаратными средствами. Кроме того, подобные практические навыки будут полезны и для тренировки IT персонала, обслуживающего компьютерные сети.

Современный специалист, связанный с обслуживанием сетей, должен уметь быстро реагировать каждую конкретную ситуацию, возникающую в сетевых технологиях, самостоятельно ставить перед собой задачи, расставлять приоритеты в зависимости от критичности, уметь принимать решения и выполнять поставленные задачи, а не ждать готовых «рецептов», так как даже минута простоя может повлечь финансовые потери организации. Последнее время количество инцидентов, связанное с информационной безопасностью, только увеличивается, ужесточаются требования к структуре сети и сотрудникам. В условиях постоянной конкуренции широко распространены разнообразные действия, направленные на получение конфиденциальной информации самыми различными способами, вплоть до прямого промышленного шпионажа с использованием современных технических средств разведки. Более половины охраняемых сведений добывается с помощью технических средств промышленного шпионажа. В этих условиях защите информации отводится весьма значительное место. Несанкционированного доступа к охраняемым сведениям, предотвращение разглашения, утечки, а также противоправных действий по удалению, изменению, искажению, копированию, блокированию данных и других форм незаконного внедрения в информационные ресурсы и системы. Необходимость защиты конфиденциальности персональных данных, имеющихся в информационных системах, документированной информации от утечки информации. Это и есть основные цели защиты корпоративных сетей.

Целью доклада является анализ возможностей средств программной симуляции и эмуляции сетевых телекоммуникационных устройств с доступными аппаратными средствами для получения студентами практических навыков по защите информации в компьютерных сетях. Рассмотрены варианты получения студентами практических навыков по анализу уязвимостей и защите типовых сегментов корпоративной сети.

Автоматический мониторинг веб-ресурсов как средство борьбы с экстремизмом

Сапигора А.О.
Научный руководитель – к.т.н. Полицына Е.В.
МАИ, каф. ПВК

Основным источником информации в России по-прежнему остается телевидение, однако количество людей, узнающих новости из сети Интернет, тоже растет. Одним из основных каналов обработки, передачи и широкого распространения различного рода информации в сети Интернет являются социальные сети, такие как ВКонтакте, Facebook, Twitter и др. Социальные сети в симбиозе с другими информационными веб-ресурсами зачастую играют роль распространителя готового содержимого по самым разным темам.

В то время, как многие достоинства и преимущества использования сети Интернет очевидны, она так же используется экстремистскими организациями для решения широкого круга задач, включая вербовку, финансирование, пропаганду, сбор и распространение информации.

Так, по данным исследования израильского ученого Габриэля Ваймана из Университета Хайфы, около 90% активности террористических организаций в сети Интернет происходит через сайты социальных медиа: Facebook и Twitter и др. Как утверждает Вайман, в Facebook есть группы, призывающие пользователей поддерживать и присоединяться к движениям "Хезболла", "Хамас" и другим организациям, признанным террористическими.

Таким образом, существует необходимость борьбы с пропагандой экстремизма на веб-ресурсах. Наличие действенного механизма по осуществлению непрерывного мониторинга и оперативного блокирования вредоносного контента и принятия мер в рамках законодательства РФ в отношении лиц, распространяющих данный контент, может стать инструментом борьбы с террористами и преступниками в сети Интернет.

Если данные в социальных сетях открыты, в частности, для индексирования поисковыми системами, то в дальнейшем эти данные могут анализироваться автоматически по определенным ключевым словам.

Таким образом, может быть разработана система мониторинга веб-ресурсов, которая позволит выявлять материалы на определенную тематику. Современные программные средства позволяют автоматически получать данные из открытых источников, методы компьютерной лингвистики позволяют решать разнообразные задачи анализа естественно-языковых текстов. Таким образом, может быть создана логическая и математическая модель формализованного представления полученной из открытых источников информации, разработаны алгоритмов преобразования исходной информации и анализа полученной. Они могут быть положены в основу систему мониторинга открытых источников, которая позволит выявлять материалы и поисковые запросы в социальных сетях на определенную тему и отслеживать действия подозрительных пользователей и направления распространения информации. Ее использование позволит более своевременно реагировать на возможные негативные события и явления в стране и мире и предотвращать их.

Дальнейшая обработка результатов запроса с применением морфологического, синтаксического и семантического анализа и учетом поискового контекста позволит более качественно выявлять подозрительную информацию, а представление результатов анализа в наглядной форме позволяет ускорить процесс реагирования.

Таким образом, предлагаемая система автоматического мониторинга веб-ресурсов позволит снизить трудозатраты за счет оптимизации рутинных процессов, а также достичь высокой точности за счет лучшей систематизации данных и использования большого количества инструментов аналитики, что даст возможность более оперативного реагирования на подозрительные активности в сети Интернет при борьбе с экстремизмом.

Разработка специального программного обеспечения календарного планирования и контроля состава технического оборудования.

Сергеев А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Максимов Н.А.
МИСИС, каф. ЭИИС
allllleex@mail.ru

На сегодняшний день в производственных цехах существует острая проблема контроля технического обеспечения в цехах, которая заключается в отсутствии грамотного планирования и неэффективном управлении оборудованием предприятия.

В качестве исходных данных система получает технологические процессы в бумажном виде, включающие в себя следующую информацию:

- номер технологического процесса;
- обозначение детали;
- наименование детали;
- порядок выполнения операций;
- наименование операций;
- норма времени выполнения операций.

Также система предполагает наличие базы данных по инструменту, которая включает в себя:

- обозначение инструмента;
- номенклатурный номер инструмента;
- наименование инструмента;
- производитель инструмента;
- ГОСТ, по которому выполнен инструмент.

Целью работы является разработка системы, состоящая из клиентского приложения и реляционной базы данных, которая будет объединять в себе всю имеющуюся информацию по технологическим процессам и деталям, производимыми в цеху. Также система должна иметь возможность выборочно показать любую информацию по конкретному технологическому процессу со всеми доступными подробностями. Клиентское приложение реализуется на объектно-ориентированном языке программирования C# с использованием библиотеки Windows Presentation Foundation (WPF). Приложение должно обладать удобным для пользователя графическим интерфейсом, инструментами поиска искомой информации и возможностью редактирования базы данных. База данных реализуется с помощью СУБД MySQL, позволяющая отвечать на запросы клиентского приложения в виде запрашиваемой информации.

Важной частью системы является подсистема календарного планирования, которая содержит в себе систему прямого и обратного планирования производства, где учитывается возможность добавления новых или удаление имеющихся единиц технологического оборудования. Алгоритм прямого планирования используется тогда, когда требуется построить первоначальную цепочку реализации детали, использующую в качестве операций станки со своими инструментами. Алгоритм обратного планирования используется в случае наличия конкретной даты сдачи детали. Здесь планирование производится от конечной даты по текущего времени, рассчитывая, какие операции надо произвести, чтобы вовремя выполнить задачу. В случае замены или добавления новой операции, система должна принять решение, какой из свободных станков наиболее подходит для выполнения задачи, какое требуется время переналадки станка для заданной детали, и как повлияют изменения в реализации детали на всё производство.

Концепция программного комплекса для построения пассажирских цепных маршрутов

Сидоров А.Э.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
lordika@mail.ru

В современном мире людям часто приходится путешествовать в разные города и страны. Для этого используются разные виды транспорта, например: воздушный, водный, автомобильный и железнодорожный. Однако не всегда возможно найти прямой маршрут до пункта назначения. Поэтому появляется задача по нахождению цепных маршрутов, которые были бы наиболее короткие или наиболее дешевые.

Для решения поставленной задачи необходимо разработать программный комплекс поиска цепных маршрутов. Основной задачей данного комплекса является нахождение наиболее подходящих для каждого пользователя маршрутов с пересадками.

Принцип работы программы состоит в следующем:

– Программа взаимодействует с базой данных, в которой находятся все возможные станции пересадок.

– Получение информации от пользователя о начальном и конечном пункте маршрута, а также о предполагаемом времени начала движения, и максимальной сумме, которую можно потратить на билеты.

– Добавление всех найденных поездов в базу данных, с указанием времени остановки и начала движения.

– Используя полученную информацию, произвести поиск всех возможных маршрутов.

– Из всех маршрутов выделить только те, которые отвечают требованиям по времени и стоимости билетов.

– При подсчете необходимо учесть время, необходимое на каждую пересадку.

– Затем найти оптимальный маршрут, используя методы теории графов.

– Для удобства пользователей возможно предоставить выбор между оптимальным маршрутом программы и прочими найденными.

Данный комплекс будет работать с железнодорожными маршрутами, получать информацию о поездах – с сайта www.rzd.ru.

В дальнейшем планируется расширить функционал системы следующим образом:

Расширить область применения программы, добавив возможность поиска маршрутов воздушного транспорта.

Создать сайт, на котором будет работать данный программный комплекс.

Добавить графические эффекты, наглядно показывающие маршрут на карте.

Программный комплекс будет разработан на языке C#(с использованием технологии windows forms).

Применение радиоперехвата

Талпекин.А.В., Сильнов Д.С.
Научные руководители – Епифанцев С.В., Прокофьев А.О.
Школа №1770, МИФИ
talpekin@inbox.ru

В настоящие время люди должны понимать какие происшествия происходят вокруг них, тем самым имея возможность предотвратить их. В данной работе рассматривается возможность получать и обрабатывать радиоволны. Для использования понабиться компьютер с Windows или Linux. Имеется оборудование, которое должно определить сигнал, где идет вещание и возможность извлекать звуковые частоты. Разобраться как с помощью специального оборудования находить и дешифровать разные сигналы, . Тюнер RTL-SDR и обычный порт USB 2.0.дает возможность изучить уязвимости радиочастотных переговоров с помощью перехвата данных. Тюнер

представляет собой устройство состоящие из двух частей: радиочастотная часть(определяет возможные частоты работы) и цифровая часть(оцифровывает сигнал и передает в компьютер по USB).Актуальность данной статьи заключается в том, что на сегодняшний день очень многие службы используют радиочастоты для взаимодействия друг с другом. Деятельность научной работы направлена на изучение уязвимости и защищенности передачи данных по радиосвязи. В данное время множество спецслужб используют радиопереговоры, но волны, на которых идет вещание небезопасны. Для безопасной передачи данных используются специальные методы связи, такие как APCO P25. APCO P25 представляет собой протокол(набор стандартов) используемый для передачи речи и данных между устройствами. Является системой связи с открытой архитектурой, служащий для обеспечения безопасности.APCO P25 может работать с существующими радиостанциями, так и в аналоговом или цифровом режиме с другими P 25 радиостанциями, что делает его универсальным. В APCO P25 сигнал подвергается оцифровке, шифровке и модуляции. Для получение аудио-потока APCO P25 используются три устройства: Тюнер RTL-SD; сканер с поддержкой APCO P25; радиостанция. В настоящее время большая часть спецслужб пользуется радиовещанием для быстрого обмена информацией между собой. Для передачи данных используются специальные методы шифрования связи, с помощью приемника, работающего вместе с программой SDRSharp и с утилитой DSD+(декодер цифровых переговоров)можно прослушивать незашифрованные цифровые радиопереговоры, полученные сведения расшифровываются и выдаются в декодер. Интерфейс SDRSharp состоит из одного окна, включающий в себя графики и настройки. Мощность сигнала отображает график в виде кривой линии. Ниже представлены частоты на которых был пойман сигнал.(частоты указаны в МГц)

494.650.000; 254.000; 104.200.000; 107.400.000; 380.000.000; 107.400.000; На данных частотах, удалось поймать песни на волнах обычного радио, разговор полиции-переговоры об аварии, где сообщались дальнейшие действия, линию министерства обороны, прослушать вещание спецслужб и переговоры рабочих на стройки.

Волоконно-оптическая информационная система контроля технологического участка производства

Смирнов Б.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Усанов А.И.
КНИТУ-КАИ, каф. РЭКУ
boris_94_05@mail.ru

В настоящие время, актуальна задача непрерывного мониторинга состояния промышленных объектов, например технологического участка производства. Поэтому многие компании стремятся создать автоматизированные высоконадежные системы управления и контроля производственных участков, которые будут просты и экономичны в эксплуатации, и требовать минимального участия человека.

Большинство компаний при проектировании таких систем используют электронные датчики и электрические проводные системы связи. Применение таких традиционных датчиков создает множество проблем, каждый датчик требует для своей работы подвода к нему достаточно стабильного напряжения питания, а так же информационных кабелей, кроме того, такие датчики подвержены взаимным и перекрестным помехам, что ограничивает их взаимное расположение и делает систему менее качественной и менее надежной.

В данной работе спроектирована система мониторинга, основанная на волоконно-оптических технологиях и компонентах, которые позволяют производить измерение, передачу и обработку информации о наблюдаемом объекте в оптическом диапазоне. А именно, измерение производится волоконно-оптическими датчиками, передача информации происходит с помощью лазера и оптического волокна, прием и обработка осуществляются специальным регистрирующим устройством (интеррогатор).

В качестве волоконно-оптического датчика я выбрал датчик на решетках Брэгга компании Smartfibres. Smartfibres создает датчики различного исполнения, для различных областей применения, например комплект из массива датчиков для закладывания в композитные материалы или комплект стандартных датчиков в стеклопластиковых корпусах для поверхностного крепления к металлу и цементу. Волоконно-оптические датчики компании Smartfibres устойчивы к электромагнитным помехам, искробезопасны, высоконадежны, а также волоконно-оптические датчики компании Smartfibres можно последовательно соединять между собой на одном оптическом волокне. Это делает возможным, применение волоконно-оптических датчиков там, где использование обычных электронных датчиков невозможно, например, во вредных и взрывоопасных местах. Ещё одной из особенностей волоконно-оптических датчиков является возможность использования их для мониторинга технического состояния крупных, протяженных объектов, таких как скважины, трубопроводы и туннели, так как они не требуют постоянного усиления сигнала. Для опрашивания волоконно-оптических датчиков, я использую интеррогатор SmartScan той же фирмы, что и волоконно-оптические датчики.

В результате была разработана волоконно-оптическая информационная система контроля технологического участка производства, которая превосходит традиционную систему мониторинга в качестве, ширине полосы, дальности связи, долговечности, защите, миниатюрности, совместимостью с микроэлектронными устройствами обработки информации при низкой трудоёмкости изготовления и небольшой стоимости, возможности работы в неблагоприятных условиях, простоте монтажа и пр. Разработанная мной волоконно-оптическая информационная система контроля может применяться для мониторинга рабочего состояния подводных конструкций, контроля целостности трубопроводов и высоковольтных кабелей, в морской и военной технике, в авиа-космической промышленности и в строительстве.

Применение графовых СУБД в задачах логистики

Советников В.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
r-e-k-28-10@rambler.ru

В последнее время наблюдается бурный рост интереса к графовым БД в связи с тем, что система представления данных таким образом оказалась естественной и востребованной в современном мире. Достоинствами графовых моделей БД по сравнению с традиционной реляционной моделью является не только возможность естественной реализации графовых операций, но и гибкая схема данных, позволяющая хранить разнородные объекты.

Цель моей работы – проведение исследования четырех графовых БД

с целью определения возможности их использования для оптимизации работы

компаний, так или иначе занимающихся транспортной логистикой и грузоперевозками.

Для анализа были взяты несколько самый известных графовых СУБД:

- Neo4j
- OrientDB
- ArangoDB
- AllegroGraph

При тестировании использовались самые последние версии БД, доступные на данный момент.

Сравнение СУБД происходило на достаточно больших объемах данных, примерно 1 млрд вершин и 500 млн ребер. Оценка баз данных проводилась по следующим критериям:

- Максимальный объем поддерживаемых данных
- -Скорость Import/Export

- Место необходимое на диске и в памяти
- Возможность обработки сложных запросов
- Хранение не структурированных данных
- Скорость обработки запросов

В связи с огромными размерами информации, обрабатываемой компаниями, создание сервиса обработки ихранения является важнейшей задачей в настоящее время.

Возможности использования графовых СУБД достаточно велики за счет своей гибкости, например, составление маршрутов, хранение данных о документах, машинах, водителях, сотрудниках и т.д.

Разработка полноценного сервиса с хорошей структурой на базе уже готовой графовой СУБД значительно упростит хранение данных и поможет улучшить обработку имеющихся данных.

Использование графовых СУБД выгодно для компаний в финансовом плане,так как это сокращает расходы на поддержание объемных хранилищ и затраты на обработку этих данных.

В результате работы был проведен ряд сравнений, которые позволили выявить наилучшие графовые СУБД для использования в крупных логистических компаниях.

Тестирования проходили на кафедре «Прикладная математика, информационные технологии и электротехника».

Разработка учебно-справочного программного обеспечения применительно к астронавигации

Создателев А.С.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Чумакова Е.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
ASozd1995@yandex.ru

Навигационные системы, используемые на флоте, в авиации и космонавтике, несмотря на наличие удобных и доступных пользовательских интерфейсов, требуют от работающих с ними знания астрономии и навыков их использования. Для подготовки специалистов – работников этих структур – необходимы пособия по соответствующим областям знаний.

Для решения этой проблемы разрабатывается электронное учебно-справочное пособие по методам астронавигации, их применению и программным реализациям. Это пособие включает в себя собрание в доступном изложении астрономических знаний, справочник навигационных терминов, задачник и тренировочные симуляторы, реализующие алгоритмы счисления текущих координат и направления движения и предназначенные для получения рабочих навыков.

Пособие выполнено в виде веб-приложения, отображаемое практически в любом веб-браузере. Приложение имеет клиент-серверную архитектуру, которое содержит в своём составе базу данных. Доступ и управление приложением, отображающим требуемые пользователем сведения из базы данных, осуществляется через элементы графического пользовательского интерфейса. Оболочка симуляторов встроена в приложение, а все расчёты производятся на стороне сервера и отображаются через оболочку.

Доступ к приложению через глобальную сеть Internet повышает требования к безопасности и сохранности данных. Наиболее используемым способом защиты является ограничение доступа к основной структуре приложения и содержанию базы данных.

В ходе работы для создания веб-приложения выбрана технология Microsoft ASP .NET, а для подключения и доступа к базе данных – сервер баз данных Microsoft SQL Server 2012. Для написания основной логики приложения был выбран являющийся частью платформы Microsoft .NET объектно-ориентированный язык программирования C#.

Преимуществами такого пособия перед остальными в данной области являются универсальность модульного построения (что позволяет использовать приложение под

другую учебную дисциплину), доступность через интернет, мобильность и уменьшение необходимого на внедрение времени.

Исследование методов поисковой оптимизации в Рунете

Солодовникова Т.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н Титов В.К.
МАИ, каф. ПВК
starosta.vti@gmail.com

Самым быстроразвивающимся и эффективным видом СМИ в настоящее время является Интернет. Эффективное использование возможностей сети Интернет представляется невозможным без наличия у компании собственного представительства в сети. Интенсивное развитие возможностей глобальной сети и использование ее в качестве инструмента ведения бизнеса предъявило новые требования к созданию и продвижению web-сайтов.

SEO (Search engine optimization) на сегодняшний день представляет собой один из самых популярных и эффективных методов продвижения сайта. Целью поисковой оптимизации является выведение сайта в топ – в первые десять ответов, которые располагаются на первой странице выдачи. Для того, чтобы поисковая система отреагировала на сайт соответственно, нужно изучить ее алгоритм и определить моменты, которые особенно важны, а затем, согласно выявленным моментам, провести мероприятия , которые соответствуют удовлетворению этих условий.

С увеличением доли интернет-коммерции и развитием поисковых систем появляются новые направления и методы продвижения сайтов, которые позволяют сайту конкурировать в сети.

Существует несколько сотен различных факторов, которые учитываются поисковой машиной при принятии решения о включении страницы в поисковую выдачу и при определении степени её релевантности тому или иному запросу пользователя. Среди них выделяют внешние и внутренние факторы. Внешние факторы – это параметры, на которые вебмастеру влиять удается далеко не всегда. Данные действия в большинстве случаев связаны с финансовыми затратами. Внутренние факторы напротив, находятся в полном ведении оптимизатора и при наличии знаний и опыта могут быть настроены соответствующим образом.

Перед тем как приступать к продвижению сайта, необходимо разработать стратегию продвижения. Разработка стратегии продвижения начнется с решения нескольких вопросов, среди которых основным должно быть определение: способов получения максимальной пользы от вложений; ключевых запросов; топовых позиций (будет ли это ТОП3, 7 или 10, для каждого из поисковых запросов); запросов, по которым придет максимальный процент наиболее вероятных целевых клиентов среди посетителей сайта; тип и структура продвигаемого сайта.

При создании стратегии продвижения требуется проведение анализа эффективности каждой из позиций. Только в этом случает можно ожидать результативности и эффективности работы самого процесса продвижения и оправданности бюджета.

Вероятность посещения сайта пользователем очень высока, когда страницы сайта оптимизированы правильными методами. Сегодня используют методы оптимизации: черная, белая и серая. Рейтинг сайта по результатам поиска окажется низким, если его оптимизация не проведена. В некоторых случаях поиск вообще может не осуществляется, т.е. веб-страница не прочитывается. Тогда сайт не попадет в результаты выдачи поисковой системы.

Таким образом, сегодня уследить за современным состоянием сайта, которым характеризуется его поддержка и развитие, невозможно. В данном материале автор попытался уделить внимание основным закономерностям, которые характерны для различных методов продвижения и поддержки сайтов. Суть поисковой оптимизации заключается в создании страниц, содержимое которых удобно для чтения пользователем.

Асимптотический анализ методов поразрядного поиска и обменной поразрядной сортировки

Соломинов В.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
vlad-cb.dik@mail.ru

На сегодняшний день, существует великое множество методов сортировки и поиска данных. Но к сожалению, среди них нет ни одного универсального, который можно было бы применить ко всем типам данных и получить ожидаемый эффективный результат за короткий промежуток времени.

В данной работе рассматриваются два известных алгоритма обработки информации:

- обменная поразрядная сортировка (Radix sort)
- поразрядный поиск (Trie search) или «Лучевой поиск».

Оба алгоритма, как следует из их названия оперируют двоичным представлением объектов, а точнее работа ведется на уровне битов, а не байтов, за счёт чего и достигается высокая эффективность и скорость обработки информации.

Но формальное применение алгоритма на практике, без знания особенностей его работы, является не очень хорошей идеей. Необходимо обладать информацией о том, к каким типам данных применим алгоритм и какова его сложность. Для получения ответов на эти вопросы было проведено численное моделирование, а для вычисления сложности алгоритмов были использованы методы аналитической теории чисел.

Установлено, что у алгоритмов поразрядного поиска и обменной поразрядной сортировки схожий метод работы, что позволяет применить схожие методы анализа. В качестве параметра, оценивающего сложность алгоритмов, было выбрано средние число проверок разрядов. При этом возникла конечная сумма специального вида, асимптотическое значение которой и дает оценку сложности в среднем. Кроме того, величина, которая оценивалась при исследовании обменной поразрядной сортировки является частным случаем, оцениваемой величины в поразрядном поиске, поэтому используемый математический аппарат для одного алгоритма можно применить к другому.

В данной работе была получена точная оценка, благодаря применению метода комплексного интегрирования, который в данном контексте имеет специальную форму, называемую методом Гамма-функции.

Стоит отметить, что наивный подход к определению сложности поразрядной сортировки и лучевому поиску дает грубую оценку, что совпадает с результатом, полученным в работе. Однако, итоговый результат помимо асимптотически главного члена содержит информацию о членах меньшего порядка, которыми не всегда можно пренебрегать, и иногда эти члены могут доставлять значительные неудобства. Аналитические методы позволяют получать необходимое количество остаточных элементов, что является несомненным плюсом для более точного анализа эффективности алгоритмов.

Для демонстрации полученных результатов и для эмпирической оценки сложности было разработано оконное приложение позволяющие отслеживать и визуализировать процесс Radix sort и Trie search. Также, в программе реализованы, другие методы сортировки и поиска, для того, чтобы проводить сравнительный анализ алгоритмов. Данная программа написана на языке C# 5.0 .net framework 4.6.2 с применением современных приемов построения оконных приложений. С помощью разработанного приложения был проведен ряд численных экспериментов и получены эмпирические значения для параметров, которые согласуются с теоретическими результатами работы.

Об оценке сложности алгоритма поиска в дереве Патриция

Соломинов В.М., Шаврин К.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
xendoxer@mail.ru

Для ряда задач, связанных с оптимизацией хранением и обработкой данных, необходимо иметь возможность оперировать различными видами структур данных, в частности деревьями. Алгоритм, позволяющий определить, существует ли в некотором массиве ключ, начинающийся с определенного аргумента, достаточно прост и легко может быть реализован на компьютере. При этом возникает ряд вопросов касающиеся оценки сложности данного алгоритма, а именно:

- оценка объема памяти для хранения всех узлов дерева
- оценка времени работы алгоритма.

Очень часто сложность алгоритма удаётся вычислить, используя тривиальные методы. Например, методы производящей функции, математической индукции, построения удобного вероятностного пространства и др. Но не редко приходится прибегать и к таким методам, как комплексное интегрирование (метод Гамма-функции), а также некоторым тонким результатам теории чисел.

В данной работе показано, что для определения сложности алгоритма необходимо посчитать среднее число сравнений битов при успешном поиске, когда запись найдена, и при неудачном поиске, когда запись в исходном дереве отсутствует. Данные величины были взяты в качестве основополагающих, так как поразрядный поиск работает не с самими объектами, а с их двоичным представлением, что даёт выигрыш в производительности.

Анализ дерева Патриция опирается на все методы, упомянутые выше, а также на метод комплексного интегрирования.

В качестве отправной точки для описания некоторых характеристик деревьев были введены производящие функции, которые помогают выразить словесные определения в математической форме. Усреднив производящие функции, уже есть возможность применить их для оценки среднего числа проверок битов.

Для начала производился анализ бинарного дерева, который затем был обобщён и для метода Патриция. Самой сложной проблемой является разрешение рекуррентного соотношения для общего случая, включающего в себя числа Бернулли. А также выражение решения в виде конечной формулы, в которой помимо асимптотически главного члена содержится остаток, которым нельзя так просто пренебрегать. Этот остаток является конечной суммой другого вида и включает в себя сумму произведений Гамма-функции и Дзета-функции.

Для численных экспериментов была разработана программа для поиска авто дополнения введенных частей слов. Данная программа позволяет подсчитать размер необходимой памяти и время работы алгоритма. Программа написана на языке C#. Также был проведён ряд численных экспериментов для различных наборов данных, и было установлено, что в среднем, практические результаты почти не отличаются от теоретических, за исключением небольшой погрешности.

Литература.

[1] Кнут, Дональд, Э. Искусство программирования, том 3, Москва, 2007.

[2] WPF: Windows Presentation Foundation в .NET 4.5 с примерами на C# 5.0 для профессионалов.

Исследование нарушений в передаче, хранении и использовании персональных данных и применение современных систем от их утечек.

Станкевич Е.Э.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Карпухин Е.О.
МАИ, каф. 402
johncheg@mail.ru

В наше время проблема утечки персональных данных становится всё ощутимее. Исследование нарушений в области защиты информации говорит о том, что организации относятся недобросовестно к передаче, хранению и использованию персональных данных субъектов РФ. Использование персональных данных часто происходит с дальнейшей выгодой для организаций. С субъектов запрашивается информация, которая противоречит законодательству РФ в области защиты персональных данных.

Целью данной работы является – исследование нарушений в передаче, хранении и использовании персональных данных и применение современных систем от их утечек. В работе был проведён анализ нарушений в передаче, хранении и использовании персональных данных на основе законодательной базы РФ, выявлена административная ответственность за единоразовые и многократные нарушения законодательства в области защиты персональных данных РФ. Были рассмотрены современные системы защиты информации, которые позволяют устранять утечки информации из организаций, а также позволяют запрашивать с субъекта только ту информацию, которая соответствуют законодательству.

Анализ нарушений показал, что защита персональных данных очень важна в наше время. Начиная от операторов сотовой связи, и заканчивая трудоустройством в организацию на работу, везде идёт несоблюдение законодательства РФ в области защиты персональных данных. Запрашиваемые данные нарушают законодательство РФ, хранения персональных данных не осуществляется должным образом, передача данных сторонним организациям происходит в целях собственной выгоды. К таким организациям относились: операторы сотовой связи, банки и частные коммерческие организации.

Для предотвращения утечек в этом будет помогать система поддержки принятия решениям (СППР), а также различные DLP (Data Leak Prevention) системы. Штрафы, за нарушения законодательства РФ в области защиты персональных данных растут ежегодно, что стимулирует организации следовать закону. Система поддержки принятия решений позволяет оператору правильно спрашивать с субъекта, который к нему обращается, те данные, которые соответствуют законодательству РФ в области защиты персональных данных. DLP системы также помогают следить за утечами информации из организаций. Также был проведён сравнительный анализ различных систем защиты персональных данных и выявлены их преимущества и недостатки.

Разработка методики оценки качества декларативных и императивных языков программирования

Старчаус И.С.
Научные руководители – Кейно П.П.
МАИ, каф. СМиИГ
starchausis@gmail.com

Одной из основных проблем, связанных с разработкой нового языка программирования, является невозможность в полной мере оценить качество разрабатываемого инструментария, доказать гибкость и эффективность использования, а так же простоту освоения. Решение данной проблемы является актуальной задачей. В качестве примера, рассмотрен один из возможных способов определить эффективность разрабатываемого языка по сравнению с конкурирующими веб-разработками, путём использования предлагаемой методики. Примером использования такой методики послужит оценка качества декларативного языка BML и императивного языка PHP путём использования метрик Холстеда.

Основу методики составляют количественные метрики, ввиду простоты их использования. Они позволяют определить количественные характеристики путем несложных операций на основе исходного кода программы. В частности, метрики Холстеда на основании анализа числа строк и синтаксических элементов исходного кода программы позволяет определить количественные показатели такие, как:

- число уникальных операторов и операндов программы (n1, n2);
- общее число операторов и операндов (N1, N2);
- теоретическое число уникальных операторов и операндов (n1', n2').

Используя различные формулы, основанные на данных показателях, методика дает возможность определить более сложные элементы оценки качества:

- уровень языка выражения;
- уровень качества программирования;
- трудоемкость кодирования программы;
- сложность понимания программы;
- информационное содержание программы;
- оценка интеллектуальных усилий при разработке программы, описывающая количество необходимых простых решений для реализации программы.

Апробация данного метода была произведена на примере сравнения языков PHP и BML. Был произведен подсчет операторов и операндов на основе программы, реализованной по готовому шаблону «Гостевая книга», для сравнения словарей операторов и операндов, а также их общего числа в каждой рассматриваемой программе. Полученные данные указывают на то, что язык BML выгодно отличается от своих конкурентов благодаря использованию меньшего количества операторов и операндов, что, в сущности, уменьшает избыточность кода лишними компонентами и увеличивает такой показатель как «восприятие кода». Сама методика показала себя информационно-ёмкой, позволяющей определить необходимые для сравнения критерии и рассмотреть программу, реализованную по шаблону «Гостевая книга» с разных сторон, выявив плюсы и минусы таких языков программирования, как PHP и BML.

Классификация звуковых образов на основе глубоких свёрточных нейронных сетей

Сухарев А.С.
Научный руководитель – Дзюба Д.В.
МАИ, каф. 806
andreisukharev@gmail.com

В последнее время стремительно развиваются и получают применение методы машинного обучения. Если раньше они применялись только для решения искусственных задач в рамках исследовательских проектов внутри университетов, то уже сейчас многие компании в том или ином виде применяют машинное обучение для решения своих бизнес-задач и улучшения жизни людей: поисковые системы используют накопленные ими данные, чтобы улучшить ранжирование результатов поиска; почтовые сервисы фильтруют нежелательные письма с рекламой и т.д.

Практически у каждого из нас в кармане или дома есть устройства, вроде смартфонов и умных часов, которые являются частью интернета вещей. Голосовые помощники вроде Siri и Amazon Echo позволяют выполнять повседневные задачи на основе анализа таких данных, как человеческая речь, местоположение, погода и т.д. Однако, этих данных бывает недостаточно для получения полного контекста взаимодействия с человеком. Если научиться понимать, в каком окружении находится человек во время взаимодействия с помощником, то последний сможет подобрать наиболее подходящие действия, которые необходимо выполнить.

В данной работе рассматривается способ классификации звуков для определения звукового окружения, в котором находится человек, на основе использования свёрточных нейронных сетей. Данный вид сетей получил широкое распространение в последние годы для решения задач распознавания изображений и речи, и в настоящее время лучшие

результаты в этих областях достигнуты именно при использовании свёрточных сетей, т.к. они хорошо работают с локальными свойствами объектов. По звукам из обучающей выборки строятся спектрограммы и другие временные представления звука, которые используются как входные данные для глубокой многослойной нейронной сети, в которой в разных комбинациях чередуются слои свёртки, подвыборки, а также полносвязные слои. Используется архитектура сети, схожая с той, что применяется для задач распознавания изображений. Также применяется ряд оптимизаций, таких как исключение части нейронов и нормализация весов, которые способствуют более быстрой сходимости при обучении, а также лучшей обобщаемости полученной модели. Решение данной задачи реализовано на языке Python с применением библиотеки Tensorflow, созданной компанией Google. Эта библиотека с открытым исходным кодом позволяет создать вычислительный граф из примитивов, который может быть исполнен как на центральном, так и на графическом процессоре, причём последний позволяет ускорить вычисления в десятки и сотни раз. Также есть возможность использования кластера из графических процессоров. Для обучения сети в данной работе использовался графический процессор Nvidia GeForce GTX 970, который позволил быстро проверять гипотезы и обучать сеть с большим количеством итераций в разумные сроки. При использовании только центрального процессора одно обучение заняло бы несколько дней.

Описанный в работе метод позволяет получить более качественные результаты по сравнению с методами, основанными на модели гауссовой смеси и скрытых цепях Маркова, и использующими ручное составление признаков для конкретного набора данных. Этот метод можно использовать совместно с другими для решения более сложных задач, таких как:

- распознавание происходящего на видео
- распознавание и предсказание активности человека

Анализ параллельного алгоритма Бэтчера и его интеграция в .NET совместимые языки

Сухов Д.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
pm@mati.ru

Проблема упорядочивания данных может возникать в абсолютно различных ситуациях, будь то разработка коммерческих приложений, реализация базы данных или написание математической программы. Одним из самых эффективных алгоритмов упорядочивания данных является параллельная сортировка Бэтчера.

В данной работе производится анализ алгоритма сортировки Бэтчера с точки зрения среднего количества операций обмена для случайной перестановки N элементов.

Суть параллельной сортировки Бэтчера сводится к сортировке 2-упорядоченной последовательности в упорядоченную последовательность. В качестве подхода к анализу алгоритма использовалось альтернативное представление 2-упорядоченной последовательности в виде решетчатой диаграммы. Путь из верхней левой угловой точки (0, 0) в нижнюю правую угловую точку (N, N) представляет собой 2-упорядоченную перестановку множества {1, 2, …, 2N}, если выполнять очередной n-й шаг пути вправо или вниз в соответствии с тем, где находится k: в четной или нечетной позиции перестановки. Таким образом, определяется взаимно однозначное соответствие между 2-упорядоченными перестановками и 2n-шаговыми путями из одного угла решетчатой диаграммы в другой. В данном представлении сортировке 2-упорядоченной последовательности соответствует приведение пути на решетчатой диаграмме к диагональному виду. Таким образом, проблема анализа среднего количества операций обмена была сведена к подсчету среднего количества преобразований пути на решетчатой диаграмме с целью приведения его к диагональному виду.

В результате было получено асимптотическое выражение для среднего количества операций обмена.

Помимо аналитической части в данной работе также был реализован алгоритм обменной сортировки Бэтчера на языке C#. Основная сложность реализации данного алгоритма состоит в его параллельности – для обеспечения параллельной работы сортировки была использована технология параллельного программирования MPI. Программа принимает на вход два файла – первый содержит данные для сортировки, во второй будут записаны уже отсортированные данные. В дальнейшем планируется расширить функционал данного приложения – добавить возможность использования графических процессоров для более эффективного распараллеливания алгоритма. В настоящее время программа проходит тестирование на кафедре «Прикладная математика, информационные технологии и электротехника».

Применение методов обработки упорядоченных запросов в ассоциативной вычислительной системе

Тин Мо Аунг
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Брехов О.М.
МАИ, каф. 304
tinmoeaung@mail.ru

Уменьшение времени обработки запроса может быть достигнуто за счет применения в вычислительных системах нетрадиционных архитектурных особенностей вычислительных систем, обеспечивающих одновременную обработку полей записей данных.

В работе рассмотрена задача определения структуры ВС для обработки запросов на основе ассоциативной памяти (АП), т.е. ассоциативной вычислительной системы (АВС), что позволяет уменьшить время обработки запроса.

Кроме того, дополнительное уменьшение времени обработки запроса можно получить посредством упорядоченного выполнения элементарных запросов.

Ранее нами рассмотрена задача реализации и оценки сбалансированной аппаратно-программной архитектура вычислительной системы для обработки запросов в реальном времени на основе использования ассоциативной памяти, расслоения памяти и упорядоченного выполнения элементарных запросов, что является актуальным для авиационно-космических систем.

Возможны два основных метода выполнения запроса: с развитием в глубину (последовательная обработка столбцов таблицы) и с развитием в ширину (последовательная обработка строк таблицы), а также комбинированный метод с развитием в глубину и ширину. Здесь мы рассмотрены особенности применения всех трех методов.

Если число ячеек АМ равно r, то первый элементарный запрос в соответствии с упорядочением элементарных запросов выполняется для всех r строк таблицы. При этом, потребуется выполнить r одновременных (параллельных) операций чтения из ОП и r одновременных (параллельных) операций записи и сравнения в АМ. С целью возможности продолжения обработки следующего элементарного запроса необходимо сохранить начальный адрес массива и относительные адреса строк таблицы (номера единичных триггеров - ответчиков) для тех r строк таблицы, для которых триггера – ответчики получили единичные значения, для каждого из последующих обрабатываемых элементарных запросов.

В комбинированном методе – «развитие в глубину и ширину» первый элементарный запрос выполняется для первых k r строк таблицы, где k – число одновременно обслуживаемых строк таблицы. Для этого потребуется провести k операций чтения и сравнения, при этом с целью возможности продолжения выполнения второго и последующего элементарных запросов необходимо сохранить начальные адреса и относительные адреса (номера единичных триггеров - ответчиков) для каждого последующего шага.

В результате показано:

- Метод «развитие в глубину и ширину» обеспечивает максимальное использование ячеек АП при обработке второго и последующих элементарных запросов, при этом повышается производительность АВС.
- Метод «развитие в ширину» обеспечивает меньшие требования к числу аппаратных регистров АВС.
- Время обработки запросов методом «развитие в глубину и ширину» является более быстрым в сравнении с методом «развитие в ширину» (в примерах до 30 %).

Разработка сценариев тестирования системы лицензирования ПК «Зодиак»

Тихонов В.В.
Научный руководитель – Браун С.А.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
vlad_0795@mail.ru

Целью данного проекта является создание набора оригинальных тестовых сценариев и разработка платформы тестирования системы лицензирования программного комплекса «Зодиак».

Уникальностью данного проекта является то, что тестирование данной системы не проводилось прежде и весь процесс разработки сценариев был создан для валидации корректности функционала этой части программного комплекса.

Особенность данной системы лицензирования состоит в том, что ее статус зависит от множества параметров, изменяющихся в реальном времени, а также в том, что производится лицензирование целого комплекса программ, таких как сервисы системы, веб-представления и приложений конфигурации системы. Таким образом, специфика разработки сценариев тестирования заключается в:

покрытии тестовыми сценариями всех частей комплекса

проверки всех возможных параметров, возникающих при работе комплекса

поиске обходов и вариантов взлома системы лицензирования

Для тестирования системы лицензирования программного комплекса «Зодиак» за основу взяты принципы функционального тестирования, которые включают в себя проверку программного обеспечения на возможность выполнять функциональные требования в определенных условиях, созданных искусственно в процессе тестирования, а также решать задачи необходимые пользователям.

Процесс тестирования проводится в несколько этапов:

Ручное тестирование – проверка работоспособности систем программного комплекса «Зодиак» путем моделирования действий пользователя. Моделирование происходит на основе функциональных требований, которые описывают поведение системы в разных условиях, а также путем предугадывания возможных действий пользователя, влекущих за собой сбой работы программного комплекса «Зодиак».

Разработка тест-кейсов, специальных документов, описывающих процесс тестирования в виде алгоритмизированной последовательности действий. Тест-кейсы необходимы для систематизации дальнейшего процесса тестирования.

Автоматизация тестирования. Автоматизация тест-кейсов особо необходима при использовании концепции поддержания постоянной целостности разрабатываемой программы. Каждая новая сборка программы автоматически проходит тестирование основного функционала, что дает возможность как можно быстрее заметить программные ошибки, появившиеся в процессе разработки и своевременно их устранить, а также позволяет сэкономить время и силы отдела контроля качества.

Итогами данного практического проекта являются набор тест-кейсов и автоматизированная система тестов, для ежедневной проверки системы лицензирования программного комплекса «Зодиак».

Автоматизированный программный комплекс для определения некоторых психологических характеристик личности

Ткаченко М.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
14ma14ma@mail.ru

Порой люди даже не догадываются о том, как много может сказать о них роспись или пара написанных строк. Графологический анализ это один из логических методов изучения личности, опирающийся на статистические данные, который сможет детально проанализировать рукописный текст. Считается, что любые действия человека, а именно написание текста, берут свое начало в его мозге. Так как мозговые импульсы тесно связаны с процессом написания рукописного текста. Проблема лишь в том, что для этого нужен специалист-графолог. Но что, если бы компьютерная программа сама смогла бы осуществить анализ почерка?

Для решения этой задачи был создан программный комплекс, реализованный на языке C# который смог проанализировать рукописный текст и выявить некоторые психологические качества человека.

Процесс анализа происходит в три этапа:

Распознование

Чтобы проанализировать почерк используется библиотека OpenCV. Её функционал позволит распознать контуры рукописного ввода и расположение текста на изображении. Данные, полученные при помощи этой библиотеки, применяются для определения таких характеристик почерка как:

- нажим рукописного текста
- расстояние между словами
- размер почерка
- выступающие элементы букв

Обработка данных

Для каждой личностной особенности был разработан отдельный алгоритм, предусматривающий работу с массивом контуров и математическими вычислениями.

Статистический анализ

Перед тем как программа сформирует индивидуальные особенности личности, она проведет статистический анализ всех поступивших данных. Алгоритм оценки данных был разработан на основе трудов по графологии.

Данный комплекс предусматривает дальнейшее развитие.

Внедрение такой программы не требует обращения к графологу и может существенно облегчить работу людей в сфере бизнеса, образования, криминологии и др.

Описание общих принципов и рекомендаций по защите от некоторых видов вирусных атак

Томаева А.У.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Павлов В.Ю.
МАИ, каф. ИСТ
Tomaeva15@yandex.ru

В 21 веке, веке компьютерных технологий, когда человек практически отказался от хранения информации на бумажном носителе и перешел к более удобному способу – хранить все данные в компьютере, смартфоне и т.д., безопасность электронных ресурсов стала одной из значимых проблем человечества. Персональные компьютеры, ноутбуки, смартфоны и планшеты все чаще стали подвергаться атакам вредоносных программ. А о мерах для обеспечения безопасной работы и защиты своих устройств люди иногда просто напросто не имеют представления, чем и пользуются злоумышленники.

В ОС Windows располагается некий реестр в виде БД. В Этой БД находятся записи характеристик, которые нужны для работы многих программ: и для установленного, и для

входящего в состав самой операционной системы. Для любых операционных систем Windows имеются аналогичные секции реестра, они при изменении версии не изменяются для того, чтобы обеспечить совместную работу программного обеспечения во всех(или хотя бы в большинстве) версиях Windows.

В реестре располагается большое количество секций, которые могут быть и первоначально созданными и созданными другим ПО, в котором хранятся его параметры.

Помимо параметров старта в них еще содержатся и другие параметры, которые необходимы для работы различного программного обеспечения.

Проблема состоит в том, что секции реестра Windows частенько используются при работе различного вирусного программного обеспечения. Вирусы заносятся в эти секции. Некоторые из них загружаются при старте пользователя, поэтому происходит аварийное восстановление операционной системы. Однако на многих дисках могут находиться антивирусные ПО (например – KasperskyRescueDisk).

Однако коды различных вирусов постоянно улучшаются и шифруются, но не смотря на это поведение некоторых остаётся таким же потому, что алгоритмы для реализации многих команд Windows часто остаются неизменными.

Данная статья преследует цель проведения анализа поведения обычного вирусного программного обеспечения, поиск решений для устранения последствий с наименьшими усилиями и написание рекомендаций для оперативного восстановления после вирусной атаки работоспособности операционной системы Windows.

Данная работа актуальна тем, что операционная система Windows является широко используемой и очень часто подвергается атакам. В статье указаны общие принципы работы и закономерности в поведении некоторых классов вредоносного программного обеспечения и способы устранения последствий их работы. Описываться алгоритмы работы реальных вирусов не будут, но будут общие рекомендации по профилактическим мерам восстановления.

К большому сожалению, обезопасить себя и все свои личные данные на сегодняшний день невозможно. С каждым разом модернизируется антивирусное ПО и иные способы защиты, но и злоумышленники не сидят на месте, придумывая все новые и новые способы взлома и вторжения. Однако соблюдая оговоренные меры безопасности, можно снизить вероятность получения вредоносного программного обеспечения.

Способ сокрытия компьютерной информации путем распределенного вложения сообщения в файл формата GIF частными методами

Травников М.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Пронин А.С.
МАИ, каф. 44-1
TMV9@yandex.ru

Задачи надежного хранения и тайной передачи информации на данный момент актуальны как никогда. Для решения этой задачи существуют три метода: физический (канал связи недоступный сторонним пользователям), криптографический (информация искажается так, что её может понять только пользователь имеющий пароль) и стеганографический (скрывается сам факт передачи информации). О последнем способе и пойдет речь.

Графический формат GIF представляет определенный интерес своей структурой. В начале файла стоит фиксированная область. Она состоит из заголовка дескриптора и глобальной палитры цветов. В дескрипторе содержатся данные: о ширине и высоте виртуального экрана в пикселях, соотношение сторон экрана, флаг использования глобальной палитры цветов и т.д. В палитре находятся цвета из которых состоят изображения (всего 256). За палитрой стоят графические блоки несвязанные друг с другом, состоящие из номеров цветов. Сменяющие друг друга блоки графики и составляют анимацию.

Для сокрытия информации в данном формате чаще всего используют следующие два метода: метод наименее значащего бита, метод расширения палитры.

Метод наименее значащих бит заключается в замене младших малозначащих бит на биты сообщения. Для формата GIF используются последние биты в байтах палитры. Исходя из этого можно сказать, что изображение размером 24 бита, где цвета в палитре состоят из трех байтов красного, зеленого и синего цветов исказится не сильно и искажение не будет заметно для человеческого глаза. Однако при малом объеме контейнера и большом сообщении искажения все-таки могут стать заметными.

Метод расширения палитры состоит в увеличении размера палитры, а значит и расширении пространства для записи байт сообщения на место байт цветов. Недостаток этого метода в том, что этот метод эффективен только для изображений с небольшой палитрой. Например, если размер палитры 2 цвета т.е (6 байт), то размер сообщения 762 байт т.к в данном формате используется 256 цветов. Если палитру расширить сильнее, то размер контейнера с вложенным сообщением увеличится.

Как видно из вышесказанного каждый метод обладает своими достоинствами и недостатками и при использовании конкретного метода могут возникнуть определенные проблемы, поэтому целесообразно вкладываемое сообщение разбить на блоки и каждый блок вкладывать в контейнер определенным способом. Например, в файле изображения используется 200 цветов значит неиспользованными остались 56 цветов (168 байт можно использовать для записи методом расширения палитры) при этом в область наименее значащих бит можно записать 150 байт (при использовании всех 256 цветов максимум 192 байта). Если сообщение размером 300 байт, то не одним из приведенных методов скрыть его не представляется возможным без сильного искажения или увеличения размера контейнера. А если использовать метод наименьшего бита и расширения палитры вместе, то можно получить объем срываемого сообщения равный 318 байт.

Также, если используется вместо одной глобальной палитры несколько локальных палитр, от можно распределить блоки сообщения по всем локальным палитрам, тем самым уменьшив искажения.

Дактилоскопия в системах совершения заказов

Третьякова А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Тоноян С.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, каф. ИУ5
nastijaa@mail.ru

Целью разработки является упрощение процедуры совершения и оплаты заказов внутри предприятий и различных организаций. Эта проблема стала актуальной в связи с большой загруженностью человека в современном мире. Чтобы что-то приобрести, клиенту необходимо при себе иметь либо денежные средства, либо банковскую карту. Разработанная система позволяет обойти факт отсутствия при себе денежных средств, банковских карт. Клиент идентифицируется по отпечатку пальца и автоматически с его карточки перечисляются денежные средства для оплаты заказа. Внедрение таких систем особенно актуально в школах.

Работа посвящена разработке приложения идентификации личности с использованием отпечатков пальцев в системе оплаты счетов. Это приложение позволяет автоматизировать процесс идентификации человека, совершать и оплачивать заказы по безналичной системе и без использования банковской карты напрямую.

На начальном этапе проведено сравнение по методам "Взвешенная сумма", "Взвешенное произведение", "Метод Борда" основных способов биометрической идентификации (дактилоскопия, лицо 2D, лицо 3D, вены руки, сетчатка) и определено, что для поставленной задачи наиболее оптимальным способом является дактилоскопия. В качестве критериев сравнения использовались определяющие показатели методов: устойчивость к подделке, устойчивость к окружающей среде, стоимость, скорость, стабильность признака во времени, статистическая надежность алгоритма.

Произведено сравнение используемых в настоящее время способов оплаты и совершения заказа с разрабатываемой системой. В качестве аналогов выбраны: наличные денежные средства, банковская карта.

Разработан и реализован алгоритм идентификации личности по отпечатку пальца. В нем выделены следующие этапы: получение изображения отпечатка пальца, подготовка изображения к скелетизации, скелетизация, извлечение особых точек, создание шаблона, идентификация и аутентификация. Каждый этап может быть реализован несколькими способами. Для идентификации разработан гибридный алгоритм.

Проведено проектирование и выбор базы данных. Архитектура системы представляет собой клиент-серверную архитектуру. Администраторы имеют возможность обращаться к базе данных для записи и чтения. Клиенты с помощью терминалов получают доступ к идентификации. Т.е. клиентское оборудование осуществляет чтение из базы данных и запись информации о заказе.

Важным этапом при разработке такой крупной системы является моделирование поведения системы и экономическая оценка стоимости реализации. Смоделирован поток клиентов и нагрузка на терминалы совершения и оплаты заказов, определено оптимальное количество терминалов обслуживания при заданном, максимально допустимом времени обслуживания и ожидания в очереди к терминалу. Так же учитывается, что поток клиентов различный в течении дня и достигает своего максимального значения в обеденные часы, а не равномерный. Сильное увеличение количества терминалов обслуживания приведет к повышению процента простаивания, что недопустимо. При моделировании учтено, что клиент может ошибаться и проходить идентификацию не с первого раза, что увеличивает общее время идентификации.

Использование биометрической идентификации по отпечатку пальца является наиболее оптимальной в этом случае. Она позволяет обеспечивать необходимый уровень защиты от несанкционированной попытки оплаты. При повреждении одного или нескольких пальцев, клиент может быть идентифицирован по отпечатку с другого пальца.

Повышение эффективности Web-ловушки HTTP-Honeypot

Троицкий С.С., Шумаков И.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Сильнов Д.С.
МИФИ, каф. КСиТ
ivan.shumakov.1995@mail.ru

Одна из самых важных задач, которую приходится решать при обеспечении безопасности различных систем – это сбор сведений, позволяющих обнаружить атаки и проанализировать, как они действуют. Технология называемая “Honeypot” помогает в какой-то степени решить возникающие проблемы защиты информации. Honeypot является ресурсом, представляющим собой, приманку для злоумышленника. Основная задача данной технологии - подвергнуться атаке, после чего собрать необходимые данные о злоумышленнике для изучения его методов атаки.

Для построения более эффективной системы Honeypot, необходимо гарантировать, что злоумышленник при выборе цели атаки предпочтет систему Honeypot, реальной системе. Для этого необходимо повысить привлекательность данной системы, использовав при создании Honeypot программное обеспечение с наибольшим числом уязвимостей. Для реализации предлагаемой концептуальной модели необходимо наличие большого числа статистических данных, гарантирующих правильный выбор программного обеспечения. Также необходимо заранее знать тип эксплойтов устанавливаемого программного обеспечения на сервера для более правильной реакции системы Honeypot на атаки злоумышленника. Таким образом, для решения этой задачи очевидна необходимость создания общей базы данных эксплойтов, которая должна содержать такие данные как: описание эксплойта, название платформы, версию платформы, дату обнаружения эксплойта и тип эксплойта. Также важен анализ полученных данных. При анализе данных необходимо выявить:

Платформы с наибольшим числом уязвимостей.

Наиболее распространенные типы атак на выбранные версии платформ.

Для хранения общей базы эксплойтов использовалась база данных MySQL. Информация о уязвимостях платформ собиралась посредством парсинга следующих сайтов:

- www.packetstormsecurity.com
- www.wpvulndb.com/wordpresses
- www.wpvulndb.com/themes
- www.exploit-db.com

Система автоматизации парсинга данных сайтов была реализована на языке Python, с применение модуля pycurl и языка регулярных выражений. Данные полученные парсером вносятся в спроектированную базу данных MySQL. Также был произведен анализ полученных данных и выбраны платформы с наибольшим числом уязвимостей, в также выявлены наиболее распространенные типы атак на каждую платформу. На основе полученных данных была построена модель системы HTTP-Honeypot. Несмотря на использование результатов данного исследования для решения конкретной задачи – повышение эффективности проектируемой HTTP-ловушки Honeypot, полученные результаты могут быть использованы для широкого круга задач, в том числе и для построения других типов систем Honeypot.

Формирование поисковых карточек с использованием инфраструктуры Hadoop

Туляков А.Ю.
Научный руководитель – Браун С.А.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
tulyakov93@gmail.com

В последнее время объёмы данных которые необходимо обрабатывать и хранить сильно увеличились. Объёмы поступаемой информации порой достигают нескольких терабайт в сутки, также такая информация, как правило, является слабо структурированной, а организация поиска по таким объемам данных является сложной и нетривиальной задачей. Обычные базы данных не могут выполнять поставленные задачи в таких условиях. С другой стороны инфраструктура Apache Hadoop позволяет хранить и обрабатывать слабоструктурированные и неструктурированные данные. Для хранения данных используется Apache HBase, позволяющий сохранять данные в слабо структурированном виде, а также позволяет обеспечить быстрый доступ к данным “по ключу”, версионность и надежность их хранения. Но в этой системе долгий поиск по точному соответствию и отсутствует полнотекстовый поиск. С другой стороны существует поисковая система Elasticsearch которая работает с данными в формате JSON и позволяет осуществлять полнотекстовый поиск.

Для решения задачи поиска сущностей по некоторому набору полей, реализована система позволяющая объединять разрозненные данные в одну сущность и формировать поисковые карточки. Для реализации данной системы выбран фреймворк Apache Spark, который является частью инфраструктуры Hadoop. Данный фреймворк предоставляет интерфейсы для работы с Apache HBase и ElasticSearch, такие как чтение и запись данных, а также некоторые дополнительные функции для работы с данными.

Был произведен анализ хранимых данных и выделен некоторый набор полей, по которым будет осуществляться поиск. Далее описана схема поисковой карточки. Затем был разработан алгоритм работы системы, включающий следующие этапы:

- Чтение данных из Apache HBase;
- Формирование объекта (карточки) для каждой строки;
- Агрегация нескольких объектов в один (если несколько строк должны интерпретироваться как одна сущность);
- Преобразование объектов в JSON;
- Запись поисковых карточек в ElasticSearch.

В результате была разработана система сбора поисковых карточек с использованием инфраструктуры Hadoop. Данная система позволяет собирать поисковые

карточки для ElasticSearch, с определенным набором полей, что в свою очередь позволяет организовать поиск по документам и при необходимости загружать подробную информацию по ключу из Apache HBase.

Данная система проходит тестирование в ФГУП "ГлавНИВЦ" Управления делами Президента Российской Федерации.

Особенности разработки ПО для кластера высокой готовности бортового вычислительного комплекса для ОС реального времени QNX Neutrino

Федоров А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Звонарева Г.А.
МАИ, каф. 304
pabl2010@yandex.ru

Применение кластерных технологий при разработке бортовых вычислительных комплексов (БВК) очень актуально ввиду высоких требований к безопасности и надежности таких систем. В случае отказа компонентов, система незаметно для пользователя перераспределит задачи с отказавшего вычислительного модуля и продолжит работать дальше. При разработке кластеров высокой готовности особое внимание уделяется программному обеспечению, которое управляет всей системой и удовлетворяет требованиям БВК, выполняя такие функции, как перераспределение процессов с вышедших узлов кластера на рабочие, создание контрольных точек, выбор главного узла, сбор статистики, администрирование задач и т.д.

Операционная система реального времени QNX Neutrino обладает микроядром, что дает преимущества в построении систем высокой готовности, так как все компоненты работают в своих отдельных модулях, почти не взаимодействуя друг с другом, а на уровне ядра выполняются только самые необходимые службы. Встроенные средства операционной системы обеспечивают поддержку многозадачного режима при взаимодействии параллельно выполняемых задач на разных компьютерах, работающих в среде локальной вычислительной сети. В докладе рассматриваются основные аспекты разработки ПО кластера высокой готовности БВК с применением встроенных механизмов QNX Neutrino для обеспечения высокой стабильности кластерной организации БВК работающего в режиме реального времени:

- Механизм адаптивного квотирования ресурсов ЦПУ и ОЗУ, который дает возможность разделить процессорное время на квоты и гарантировать получение вычислительных ресурсов для критически важных приложений.
- Протокол сетевого взаимодействия Qnet позволяет организовать эффективное сетевое общение узлов кластера высокой готовности БВК и осуществлять запуск или остановку процессов и администраторов на любой машине, находящейся в сети Qnet, что делает похожим кластер высокой готовности на DSM систему.
- Устойчивая служба публикации/подписки QNX (Persistent Publish/Subscribe – PPS) хранит данные во встроенных системах, требующих связи между независимыми программными компонентами посредством асинхронных публикаций и уведомлений.

При разработке ПО уделялось особое внимание вопросам, связанным с выбором главного узла, где каждый узел, основываясь на данных об узлах, выбирает главного и сравнивает результаты, полученные от остальных. Сбор статистики происходит посредством отслеживания состояний каждого из узлов. Проверка узлов на работоспособность реализуется использованием таймера на главном узле, который запрашивает актуальную информацию от каждого узла. При разработке были специально созданы модуль администратора процессов и модуль создания контрольных точек, позволяющие автоматически контролировать процессы, помещать их в группы адаптивного квотирования и, по необходимости, восстанавливать работоспособность процессов с последней контрольной точки. Спроектирован блок миграции процессов на основе перераспределения нагрузки на всех узлах кластера по данным о весе узла и предпочитаемого узла для процесса. Вся информация о работе кластера высокой готовности хранится в файлах и, используя устойчивую службу публикации/подписки

PPS с сетевым протоколом взаимодействия Qnet, предусмотрено быстрое изменение и синхронизация данных на все узлы кластера высокой готовности.

Мобильное приложение лексико-грамматических конструкций английского языка при подготовке к ЕГЭ

Федотов И.В.
Научный руководитель – Лебедева М.В.
МАИ
fedotov.ig2011@yandex.ru

Лексико-грамматические конструкции английского языка вызывают значительные сложности в использовании и применении у школьников, сдающих ЕГЭ. Разработанное мобильное приложение для операционной системы Android позволяет обеспечить дистанционное общение студента с преподавателем и использует эффективную методику освоения лексико-грамматическим конструкциям языка, непосредственно на материалах подготовки к экзамену, с учетом индивидуальных особенностей ученика или группы студентов.

Приложение реализовано на движке Unity, который используется для создания мобильных, компьютерных или консольных приложений, в то время как алгоритм методики эффективного освоения лексико-грамматических реализован на языке C#.

Приложение предоставляет возможность обучать студентов формированию лексико-грамматических конструкций различной сложности следующим образом:

1. Преподаватель регистрируется и создает свой аккаунт на специальном сайте-сервере. Ученики после входа в приложение так же проходят необходимую регистрацию, которая не занимает много времени.

2. Каждый зарегистрированный пользователь имеет собственный id, и его может посмотреть только преподаватель. Используя этот id, преподаватель отправляет индивидуальные задания.

3. Преподаватель заходит насайт и заполняет специальные поля,указав название упражнения, для кого оно предназначено, и само задание. В приложении мы принимаем 2 вида заданий: forall-для всех или id"номер" - индивидуальное задание.

4. В приложении имеются 2 кнопки "Получить задания для всех" и "Получить индивидуальное задание". В обоих случаях при нажатии кнопки, приложение отправляет запрос на сервер, на сервере сравниваются хранящиеся теги с тегами запроса(forall или id"id ученика"), и сервер выдаёт ответ в виде лексико-грамматической конструкции, которую преподаватель считает необходимой для данного студента или группы обучающихся. Далее предложение разбивается на лексические группы (слова), которые микшируются (перемешиваются), и пользователь получает отдельные лексические единицы, из которых он должен построить лексико-грамматическую фразу, перемещая слова, расставляя их в нужные места, чтобы предложение имело первоначальное смысловое значение. В окне приложения будут 2 поля: 1- поле с лексемами и 2- поле, куда лексемы отправляются при нажатии на них. Если порядок расстановки лексем соответствует смысловому значению, пользователь поставил слова в правильном порядке, световой и звуковой сигналы оповестят об этом, ровно так же будет и в случае ошибки. После нескольких неудачных попыток появится возможность посмотреть на правильный вариант.

Приложение предоставляет возможность преподавателю варьировать задания для конкретной группы обучающихся, находясь при этом в любом месте, где есть доступ к сети интернет. Обучающийся, в свою очередь, так же, не ограничен рамками аудиторных занятий в классе и имеет возможность выполнять задания, имея под рукой лишь свой мобильный телефон и находясь в привычной комфортной среде.

Нейросетевое распознавание иероглифического письма

Фролов А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Тюменцев Ю.В.
МАИ, каф. 806
zombiefaraday@gmail.com

Становится всё больше и больше людей, желающих начать изучение японского или китайского языка. Одной из основных проблем, препятствующих успешному изучению этих языков, является необходимость знать и уметь правильно писать иероглифы. Чаще всего для практики написания используют бумагу и ручку или карандаш. С использованием нейросетей возможно создать систему, которая позволит более легко обучаться правильному написанию иероглифов.

Рассмотрим задачу распознавания одиночных рукописных иероглифов. Имеется база ETLCD, содержащая изображения рукописных иероглифов и слоговых азбук японского языка. Для каждого символа представлено 1411 изображений, из которых составлено обучающее множество в 1200 изображений и тестовое множество в 200 изображений. Каждому изображению поставлен в соответствие массив из нулей и единиц такой, что индекс единицы есть порядковый номер иероглифа в базе, а остальные элементы – нули. К каждому изображению применяется алгоритм гистограммы направленных градиентов для выделения признаков. Выходом сети является массив такой, что n-ый элемент есть вероятность того, что изображение принадлежит n-ному классу.

В качестве модели взята многослойная свёрточная сеть. Это специальная архитектура, нацеленная на эффективное распознавание изображений. Основная идея модели – чередование свёрточных слоёв и слоёв подвыборки. В свёрточных слоях применяется операция свёртки, т.е. каждый фрагмент входной карты поэлементно умножается на матрицу свёртки, результат суммируется и записывается в аналогичную позицию выходной карты признаков. В слоях подвыборки применяется операция субдискретизации, которая уменьшает размерность сформированной на предыдущем слое карты признаков. В данной модели имеется три свёрточных слоя и три слоя подвыборки. Сначала преобразуем входной массив в четырёхмерный тензор, где второе и третье измерение – размер исходного изображения, а четвёртое – количество цветовых каналов (изображение чёрно-белое). Чередуем применение свёрточных слоёв и слоёв подвыборки. Затем для уменьшения переобучения с некоторой вероятностью отбрасываем вывод нейрона. Последним слоем является softmax слой, который приводит вывод к нужному виду.

Для обучения сети используется функция перекрёстной энтропии, которую минимизируем с помощью алгоритма ADAM. На каждом шаге обучения для ускорения работы случайно выбираем 100 наборов данных из обучающего множества. На тестовом множестве построенная модель достигла 94% точности. Возможно достичь большей точности, т.к. свёрточные сети имеют большое количество параметров, влияющих на эффективность работы.

Обучение письму может производится по такому сценарию: пользователь пишет иероглиф с помощью графического планшета, система определяет, насколько написанный иероглиф соответствует правильному написанию. Обучение новым иероглифам: система показывает значение иероглифа, пользователь записывает его, система проверяет, правильно ли ответил пользователь.

Таким образом, построена нейросетевая модель распознавания иероглифического письма, с помощью которой возможно обучение письму и новым иероглифам.

Исследование способов повышения надежности автоматизированного контроля и диагностирования сложных устройств

Халявина А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ванцов С.В.
МАИ, каф. 307
anymascar@yandex.ru

Современный этап развития сложных электронных устройств характеризуется их модернизацией, которая обусловлена постоянно растущими требованиями к функциональности. При этом одной из важнейших задач производства остается контроль и диагностирование на всех этапах жизненного цикла, который требует использования специализированных автоматизированных систем контроля и диагностирования (АСК). АСК это сложные многокомпонентные устройства, постоянное развитие которых тесно связано с электронными устройствами (объектами контроля ОК), для контроля и диагностирования которых они разрабатываются. При этом от правильной работы и исправности блоков АСК в ряде случаев зависит достоверность обнаружения отказа в ОК.

Общей проблемой функционального контроля и диагностирования является достижение адекватной оценки распознавания истинного состояния объекта и классификации этого состояния. При этом адекватность оценки зависит от исправности самой АСК. Задача современных автоматизированных контрольно-диагностических систем состоит не только в измерении и анализе значений параметров, но и в установлении причин отказа, а так же своевременного прекращения контроля со снятием всех воздействий, которые в данной ситуации могут принести вред ОК и выдаче оператору рекомендаций.

Поэтому большое значение стоит уделять внутреннему контролю блоков АСК в ходе проверки изделия и использованию методов, обеспечивающих высокую достоверность контроля ОК и снижающих риски неверного диагноза, вызванного неисправностью блоков АСК. Однако, в большинстве случаев, при проведении оценки вероятности отказов при контроле ОК принимается допущение, что все отказы аппаратуры АСК, которые могут привести к возникновению аварийных ситуаций или не выявлению отказа при контроле ОК, выявляются при автономном контроле АСК. При этом глубина автономного контроля составляет от 0,95 до 0,98. Таким образом, любые отказы аппаратуры АСК должны возникнуть после проведения контроля и диагностирования АСК до начала или во время прохождения проверки ОК. Однако проведение автономного контроля АСК перед каждой проверкой ОК связано с использованием дополнительных блоков (имитаторов), на подключение которых тратится дополнительное время, что приводит к увеличению сроков изготовления ОК и поэтому неэффективно. К тому же, если за эталон исправности АСК принимать успешное прохождение автономного контроля, то с увеличением времени от момента получения нормы вероятность возникновения критической ситуации увеличивается.

Использование внутреннего контроля блоков, входящих в состав АСК перед началом контроля ОК и дублирования управляющих цепей позволяют снизить вероятность возникновения отказа АСК и как следствие повысить вероятность своевременной реакции АСК на отказ ОК. А также позволят уменьшить трудоемкость этапа проверки ОК и повысить достоверность контроля и диагностирования ОК за счет снижения вероятности возникновения отказов, которые обусловлены неисправностью блоков АСК. При этом помимо снижения вероятности появления ошибок и повышение эффективности диагностики и контроля потребуют дополнительных цепей для обеспечения автономного контроля блоков и резервирования цепей, но позволят снизить число дополнительного оборудования и частоту проведения самоконтроля АСК за счет снижения влияния отказов блоков, входящих в состав АСК при проведении диагностического контроля ОК.

Разработка информационной системы «Электронный паспорт изделия» как подсистемы интегрированной логистической поддержки РЛК предприятия

Хан Д.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н., Александрова С.С.
МАИ, каф. ТПРЭС

В настоящей работе рассматриваются вопросы создания информационной системы «Электронный паспорт изделия». Такая система используется как подсистема интегрированной логистической поддержки, которая представляет из себя структурированный набор документов и данных, создаваемый и сопровождаемый в ходе жизненного цикла изделия (в т. ч. его конкретных экземпляров) в интересах разработчиков, изготовителей, эксплуатантов, федеральных уполномоченных органов в области применения изделия и т. д. с целью накопления сведений об эксплуатации изделия и отражающий актуальную информацию об изготовлении, эксплуатации, ремонте и техническом состоянии экземпляра изделия в целом и его составных частей.

Грамотный дизайн и правильное управление основными процессами являются ключевыми для создания эффективной информационной системы. Использование принципов процессного подхода к управлению способствует выполнению данных условий, согласно которых:

- Любая организация может быть представлена в виде сети процессов.
- Каждый процесс включает в себя вход (исходные материалы, готовый продукт с предыдушего процесса), сама работа, выполняемая процессом и выход. Результат работы процесса должен быть востребован потребителем, который может быть как внутренним так и внешним.
- Для увеличения эффективности процесса необходимо собирать статистику по его работе. Правильная установка границ между процессами позволит формировать точные метрики, релевантные отслеживаемому процессу.

Следовательно для создания вышеуказанной системы необходимо провести анализ бизнес процессов информационной системы «Электронный паспорт изделия», определить внешних клиентов организации и входы/выходы для организации в целом, составить перечень основных бизнес-процессов организации, формирующих внешние выходы, построить организационную структуру организации и распределить ответственных по каждому из выделенных бизнес-процессов. Помимо этого необходимо разработать требования по техническому, программному, информационному и лингвистическому обеспечениям информационной системы.

Данная информационная система позволит повысить эффективность работы предприятия, ускорить процессы разработки, производства, заказа, поставки, хранения и эксплуатации путём автоматизации часто повторяющихся задач, улучшить качество и конкуретноспособность продукции, а также обеспечить информационное сопровождение продукции на всех этапах жизненного цикла изделия и оперативную доступность любой соответсвующей информации.

Особенности построения сложных полигональных моделей с правильной топологией сетки

Харитоненков А.И.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Хорошко Л.Л.
МАИ, каф. СМиИГ
smig@mati.ru

В настоящее время компьютерное моделирование имеет очень важное значение в сфере информационных технологий. Появления новых устройств, связанных с дополненной реальностью и технологией виртуальной реальности, только увеличивают потребности в построении качественных полигональных моделей.

Полигональное моделирование является одним из самых распространённых способов низкоуровневого моделирования, и представляет из себя манипулирование над

составляющими объектов такими как грани, вершины и ребра. При полигональном моделировании изменяют форму объекта, непосредственно воздействуя на его составляющие. Для обеспечения этой разновидности моделирования в 3D Studio Max существует два способа модификаторы «Edit Mesh» и «Edit Poly».

Главной сложностью при полигональном моделировании является создание правильной топологии сетки модели. Это тема, которая вызывает проблемы у многих людей, и в большинстве случаев проблема в совершенно простых деталях, которые можно было легко избежать, если бы мы планировали наше моделирование и пробовали добиваться чистой топологии.

Рассмотрим основные принципы, с помощью которых можно добиться рабочей топологии модели:

- Использование четырёхугольных полигонов предпочтительнее треугольных. В большинстве мест они обязательны.
- При использовании MeshSmooth сглаживающий эффект тем сильнее чем дальше расположены ребра полигона друг от друга. Вызвано это тем, что модификатор MeshSmooth работает по принципу натяжения поверхности между точками полигона.
- Идеальной формой для полигона является квадрат. Стоит избегать слишком длинных полигонов, и полигонов неправильной формы.
- Для полигональной сетки важна равномерная плотность полигонов в одной детали.
- Вершины четырёхугольного полигона должны по возможности находиться примерно в одной плоскости.
- Сетка должна быть оптимальной, с минимально возможным количеством полигонов.
- Появление топологии звезда на перегибах модели приведёт к возникновению артефактов на теле модели.

От того, насколько строго мы будем придерживаться этих принципов, зависит качество создаваемой топологии модели, а от неё в свою очередь зависит качество рендеринга, отсутствие артефактов сглаживания, неравномерности распределения света.

Алгоритм приложения решения задачи индивидуального обучения при помощи математических методов

Химий И.В.
Научный Руководитель – Лебедева М.В.
МАИ
eloy1995@yandex.ru

Вопрос о грамотном формировании индивидуального обучения довольно сложный и серьезный. Процесс обучения - организации и стимулирования активной учебно-познавательной деятельности учащихся по овладению знаниями, навыками и умениями, развитию нравственных этических взглядов и творческих способностей - для каждого человека сугубо индивидуальный, ведь в процессе жизни у каждого человека выявляются свои особенности восприятия информации. С учетом этих особенностей и создана эта работа, целью которой является выявление оптимальной стратегии обучения для конкретного субъекта (человека, студента, испытуемого и т.д.) на примере тестов FCE (на выявление уровня подготовки к изучению английского языка).

Для достижения указанной цели необходимо решение следующих задач:

1. Подготовить вопросы для испытуемого (в соответствии с тестом FCE)
2. На основе полученных ответов выбрать (и наглядно продемонстрировать причины этого выбора) наиболее справедливую стратегию интеллектуального роста опрашиваемого.

В алгоритме используются математические методы и критерии Гурвица, Вальда и Сэвиджа.

3. В соответствии с искомой стратегией выявить ряд действий, необходимых для достижения успехов в дальнейшем обучении.

Для решения всех вышеперечисленных задач была написана программа на языке C++. Испытуемому требуется ответить на некоторое количество вопросов разных типов, и на основе полученных ответов выявляется статистика, по результатам которой делается вывод, в каком направлении следует развивать свое мышление для дальнейшего успешного обучения.

Важно отметить, что в ходе такой основательной работы, как объединение гуманитарной и технической стороны вопроса, был отмечен некоторый прогресс, что дает нам право судить о необходимости продолжения подобного пути и формирования новых задач, решением которых будет синтез знаний, полученных в ходе изучений гуманитарных и технических наук. В данном случае было спроектировано полезное приложение для оценки уровня владения английским языком при помощи математических методов.

Применение САПР для проектирования сложных геометрических моделей объектов и динамического моделирования технологических процессов их изготовления

Хорошко А.Л.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Силуянова М.В.
МАИ, каф. СМиИГ
lesha065@mail.ru

Частая сменяемость объектов производства в самолетостроении привела к необходимости разрабатывать новые способы изготовления деталей. К таким разработанным и применяемым способам относятся импульсные способы обработки металлов давлением, такие как штамповка взрывом, электрогидравлическая штамповка и магнитно-импульсная обработка металлов. Согласно проведенным исследованиям процессы высокоскоростного деформирования носят динамический характер, что усложняет контроль процесса их проведения. Во всех случаях требуется сложная аппаратура для регистрации перемещений заготовки и их дальнейшая обработка, большое количество заготовок, эксплуатация оборудования и инструмента. Поэтому, применение современных программных средств автоматизированного проектирования конструкций изделий и моделирования технологических процессов их изготовления является важной и актуальной задачей.

Использование программных средств для трехмерного моделирования позволяет создавать многоуровневые модели объектов сложной геометрической формы и проводить динамическое моделирование технологических процессов их изготовления. При проектировании элементов инструмента и оснастки использовались различные системы автоматизированного проектирования, в числе которых программные продукты компании Autodesk и ЗАО «Топ Системы». На их основе были спроектированы и смоделированы технологические операции, выполненные по схемам раздачи, обжима и плоской листовой штамповки. По схеме раздача была осуществлена свободная раздача цилиндрических оболочек с присоединением дополнительных инерционных нагрузок переменной массы и формы. В результате удалось получить поверхность труб сложной геометрической формы типа гофрированной.

Применение комплексов автоматизированного проектирования позволило не только создать многоуровневые 3D модели, но и на основе имитационного моделирования проследить изменение всех параметров геометрических моделей объектов: формы, размеров, их пространственного положения, физических свойств материалов и т.д. Фактически выполнялось моделирование с учетом физических характеристик материалов поверхностей объектов, таких как упругость, коэффициент статического трения и трения скольжения; физического воздействия на объекты, таких как давление, имитируемое источниками объемных деформаций; столкновения объектов, результаты которых зависят от скоростей объектов и физических свойств их поверхностей. Результатом работы явилось автоматизированное проектирование элементов инструмента и оснастки,

описание изготовления некоторых осесимметричных деталей, а также моделирование самого сборочного процесса в режиме реального времени.

Использование таких систем и технологий позволяет создавать многоуровневые 3D модели и проводить динамическое моделирование технологических процессов их изготовления на всех стадиях производства и эксплуатации сложных конструкций изделий. Сегодня в условиях нарастающей конкуренции, нехватки природных ресурсов, необходимости заботы об окружающей среде, задачи, решаемые САПР, существенно расширяются.

Решение проблемы очень длинных имен файлов в Linux-системах, при переходе между файловыми системами

Хорьяков И.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Гущин А.Н.
БГТУ-«ВОЕНМЕХ»
igorsv94@mail.ru

На сегодняшний день существует множество операционных систем, предназначенных для различных целей. Каждая операционная система может использовать огромное множество файловых систем для доступа к файлам. И каждая файловая система может использоваться во множестве операционных систем. Все они имеют различного рода ограничения: на имена файлов, на максимальные размеры файла или тома, на максимальное число файлов в томе или каталоге и другие. Бывает, что появляется необходимость переносить программы с одной файловой системы на другую, и, если какая-то файловая система более ограничена, то нам придется изменять структуры данных, что увеличит затрачиваемое время.

Пользователи обычно размещают свои файлы по каталогам, создавая некую древовидную структуру. Однако большое количество каталогов может замедлить поиск на диске, чтение и удаление файлов, и повлиять на многие другие зависимости. Этого можно избежать используя более полные мнемонические имена, что в свою очередь увеличит длину имени файлов. Многие операционные системы используют различные драйвера и службы, ограничивающие максимальную длину имени файла. Также максимальную длину имени файла часто ограничивают для упрощения взаимодействия огромного количества файловых систем друг с другом. Очень часто она находится в пределах 255-260 символов. Так, например, в Windows для именования файлов используется кодировка UTF-16, при которой можно записать до 255 символов в имя файла, то есть до 510 байт. Операционные системы семейства GNU/Linux при использовании кодировки UTF-8 дают для русских букв длину имени файла не более 127 символов, то есть 255 байт. Более того, неанглоязычные пользователи, использующие символы национального алфавита, попадают в не справедливую ситуацию, ибо символы их алфавитов могут кодироваться даже шестью байтами. Что сокращает максимальную допустимую длину имени файла в шесть раз. Эту проблему называют VLFN - Very Long FileName.

Рассмотрим причины, создающие проблему слишком длинных имён файлов, на примере GNU/Linux. Так как в основе операционной системы лежит её ядро, очень важно, что само ядро внутри себя не имеет общей константы для ограничения длины имени файла. Файловые системы внутри ядра имеют ограничения по размеру, так, например, в ext3/ext4 под хранение длины имени файла отведен 1 байт. Получается, в некоторых системах ограничение жёсткое, например, в ext4, в некоторых – номинальное, например в btrfs. Однако, существует переменная NAME_MAX, которая определена в файле include/linux/limits.h, она используется только программами, и получается, что она содержится в пакете glibc-kernheaders. Поэтому все программы, использующие этот пакет для своей работы, будут упираться в соответствующее ограничение. Примером такой программы является Midnight Commander (mc). Еще существует файл include/linux/compat.h, который используется системными вызовами, поэтому необходимо изменить в нем поле d_name, в структуре struct compat_dirent. Так же зависимости необходимо поправить в программе для монтирования файловой системы.

Получается, что проблема слишком длинных имен файлов в ряде случаев, например с btrfs в GNU/Linux, оказывается достаточно легко решаемой. Однако останется проблема совместимости с другими файловыми системами.

Исследование алгоритмов параллельных вычислений

Царев Н.В.
Научный руководитель – доцент Когой Т.В.
МАИ каф. ТППИСУЛА
shvorc@mail.ru

На сегодняшний день скорость выполнения операций в любой системе ограничена физическими параметрами и не может увеличиваться до бесконечности, а количество операций, необходимых для описания некоторых процессов, может измеряться сотнями миллионов. При этом, даже простые бинарные операции могут требовать достаточно много времени, в том случае когда они производятся на большом массиве данных. Однако данную проблему можно решить с помощью одновременного выполнения нескольких операций, что позволит многократно сократить время их выполнения. Такую возможность предоставляют нам параллельные вычисления. Однако для их применения необходимы определённые условия связанные, как с архитектурой систем обрабатывающих информацию, так и с формализацией самих задач. В статье были рассмотрены различные архитектуры вычислительных систем, и определён тип архитектуры современного ПК. Определение типа архитектуры современного ПК производилось на основе классификации Флинна. Ключевым понятием выбранной классификации является поток, под которым в свою очередь понимается последовательность данных или инструкций по взаимодействию с ними, которые обрабатываются процессором. На основе этого, было проведено исследование допустимости и целесообразности применения ПК, со стандартной архитектурой, для выполнения задач по мультипроцессорной обработке данных. Также в работе были исследованы особенности одновременного выполнения разных частей задачи, разделение данного этапа работы на потоки и процессы и его реализация с помощью алгоритмов мультипроцессорной обработки информации. В ходе исследования были определенны задачи, в которых принципиально возможно применение параллельной обработки информации, а также, те задачи, в которых применение параллельных алгоритмов вычисления имеет наиболее высокую степень эффективности. Кроме того была выявлена зависимость объёма обрабатываемой информации и эффективности применения алгоритмов с множеством потоков. Помимо этого в работе были исследованы основные факторы, приводящие к некорректному результату, которые могут проявлять себя, при одновременной обработке данных. В ходе исследования были установлены причины возникновения данных проблем, рассмотрены типичные ситуации, при которых возникают данные проблемы, и предложены способы их решения. Кроме того в работе были рассмотрены языки программирования позволяющие создавать, программное обеспечение для реализации многопоточных вычислений, а также были рассмотрены принципиальные подходы к написанию подобных программ. Наряду со способами реализации были исследованы и перспективы развития многопоточных вычислений. При исследовании перспектив развития мультипоточных способов обработки информации учитывались такие факторы, как развитие и увеличение сфер применения данного типа вычислений, развитие программного обеспечения для реализации параллельных вычислений, развитие в сфере телекоммуникаций в частности в сфере удалённых вычислений, а также развитие рынка микропроцессоров. Учитывая данные факторы, были сделаны выводы относительно дальнейшего распространения и стандартизации методов обработки информации, основанных на принципе параллелизма.

Система адаптирования размеров и масштабов игрового мира кроссплатформенного приложения

Цветков В.А.
Научный руководитель – Кейно П.П.
МАИ, каф. СМиИГ

При разработке любого приложения рано или поздно встает задача о корректном отображении пользовательского интерфейса на экране устройства. Для некоторых приложений эта проблема решается довольно просто, но особый случай представляет собой написание кроссплатформенного приложения. Помимо проблем корректного отображения, возникают также проблемы сбалансированности игры.

Основным способом адаптации размеров игрового мира является работа с размерами конечного игрового мира – сцены, на которой располагаются объекты. При таком способе существуют несколько подходов:

Самый простой - это масштабирование сцены. Минус данного подхода в том, что все элементы искажаются в зависимости от масштабов сцены. Таким образом, на широкоформатных устройствах мы получим растянутую версию.

Второй подход – это сохранять пропорциональность изначальных размеров экрана. Объекты игрового мира не потеряют начальных пропорций, но на широкоформатных устройствах мы получим версию приложения, не заполняющую весь экран устройства.

Третий подход – основывается на втором, то есть растягивается с соблюдением начальных пропорций игрового мира, а затем короткий размер удлиняется до заполнения окна просмотра. Недостатком этого подхода является нарушение баланса приложения: игроки с широкоформатным экраном получают больший обзор, чем игроки с небольшими дисплеями.

Помимо этого, у разработчика всегда есть возможность взять процесс адаптации в свои руки. Он может самостоятельно построить необходимые зависимости размеров, скоростей и пространственных соотношений объектов. Этот способ хорош тем, что приложение будет сбалансированно и адаптировано для всех тех случаев, что предусмотрит разработчик. Недостатком является снижение производительности приложения и значительные усложнения при написании исходного кода программы.

В работе же предлагается совмещенный способ. За основу возьмем третий подход адаптации сцены игрового мира. Остается лишь решить проблему сбалансированности игры. Для примера, возьмем высоту игрового мира за константу. То есть приложение всегда будет масштабироваться по высоте, а затем увеличивать ширину игрового мира. Выражаясь математическим языком получаем следующую формулу:

```
WORLD_HEIGHT = GAME_HEIGHT_CONSTANT;
float delta = graphics.getWidth() / graphics.getHeight();
WORLD_WIDTH = delta * WORLD_HEIGHT;
```

Как говорилось ранее, основная проблема – это нарушение баланса игрового приложения. В этом случае мы будем менять позиции и скорости отдельных объектов. Достоинством такого подхода является необходимость работать с адаптацией объектов только относительно скорости и позиционирования и только по оси X. Таким образом, к примеру, если мы работаем с векторными величинами скорости и позиции, все что остается добавить – это следующее вычисление:

```
Position.x(velocity.x) *= old_width/new_width
```

Вредоносные действия в blockchain и методы защиты от них

Цветков Д.Д.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Шилов В.В.
МАИ, каф. ПВК
dima121596@mail.ru

Любой объект или ресурс можно атаковать. Кибератаки охватывают кражу личных данных, мошенничество, а также сетевые или системные вторжения. Предотвращение

онлайн-мошенничества, кражи конфиденциальной информации и взлома особенно важно при обмене информацией в blockchain.

Технология blockchain обеспечивает согласованное распределение криптографических транзакций, что затрудняет компрометацию целостности ее записей незаметно от всей сети.

Blockchain представляет собой, по сути, публичную книгу транзакций или событий, записанных и хранимых в хронологическом порядке в линейно связанных блоках. Каждый последующий блок сохраняет хеш предыдущих блоков. Blockchain – технология, где все записи общие для всех узлов, обновляется майнерами, никому не принадлежит и никем не контролируется. Узлы – это компьютеры пользователей или мобильные устройства. Майнеры – это узлы с широкими вычислительными ресурсами, которые могут использоваться для целей проверки транзакций.

Транзакции, хранящиеся в blockchain, являются анонимными и необратимыми. Несмотря на то, что пользователи сети не разглашают личную информацию, их транзакции отслеживаются и видимы по всей сети.

Распределенное соглашение, необязательность доверительных отношений между пользователями, анонимность, криптография и многочисленные возможности подчеркивают новаторство технологии blockchain. Однако она не полностью защищена от мошенничества и вредоносных действий. Технология стремительно развивается, поскольку все большее число людей и организаций экспериментируют и включаются в её разработку и совершенствование. В таблице 1 кратко описаны разновидности вредоносных действий в blockchain и предложены возможные пути борьбы с ними.

Таблица 1. Вредоносные действия в blockchain и методы защиты от них

Вредоносное действие	Описание	Пути защиты
Двойное расходование	Повторное использование ранее переведенных средств	Усложнение процесса майнинга
Взлом записей	Записи в блоке изменяются, в блок могут быть записаны мошеннические транзакции	Распределенное соглашение
Атака 51%	Взлом более 51% узлов сети или сосредоточение в одном майнинг-узле 51% и более вычислительных ресурсов, результатом чего становится доминирование в процессе проверки и одобрения транзакций	Внедрение методов обнаружения; Более широкое внедрение blockchain
Кража идентификаторов	Завладение закрытым ключом пользователя	Внедрять идентификацию и репутацию
Незаконная деятельность	Обмен нелегальными и запрещенными товарами, отмывание денег	Внедрение методов обнаружения; Разработка законодательной базы, регламентов и правил

Необходимы дальнейшие исследования для улучшения технологии и соответствующих мер по борьбе с атаками внутри рее.

Исследование библиотек синтаксического анализа структур XML и разработка класса-обёртки

Цимбал А.А.
Научный руководитель – Кейно П.П.
МАИ, каф. СМиИГ
science@blockset.ru

Большинство разрабатываемых программ хранят необходимую информацию для работы программы в конфигурационных файлах. Чтобы не изобретать свой формат, за основу берут существующие типы файлов, которые обладают своим синтаксисом. Среди конфигурационных файлов чаще всего можно встретить такие как: ini-файлы, XML-документы, JSON-файлы.

В данной работе мы сделаем упор на синтаксические XML анализаторы, так как XML (анг. Extensible Markup Language) – это расширенный язык разметки, обладающий простым синтаксисом удобным как для создания и чтения человеком, так и для обработки программами. Расширяемость данного языка заключается в том, что он не ограничивает разметку, применяемую в документах. Благодаря чему позволяет разработчикам создавать разметку в соответствие с требованиями к используемой области, но с соблюдением синтаксических правил языка.

Интернет насыщен большим количеством синтаксических анализаторов структур XML, что приводит в замешательство множество разработчиков. Среди этого большинства можно выделить две самые чаще используемые библиотеки при разработки свободного программного обеспечения: Expat и Libxml2.

Expat – это свободная библиотека синтаксического анализа структур XML, ориентирована на многопоточные приложения и написанная на языке высокого уровня C. Применение в многопоточных приложениях достигается благодаря тому, что при использовании Expat в приложение необходимо установить функции обработчики для определенных событий. В момент разбора XML-документа Expat вызывает реализованные пользователем функции, соответствующие определённым случаям, передовая им обязательные параметры. В зависимости от события Expat может в определённый момент времени разбора XML-документов приостановить анализ или возобновить его. Но не всегда целесообразно использовать потокоориентированность данной библиотеки, потому что от этого может снизить производительность работы из-за множества вызовов функций обработчиков. Так же для этой библиотеки трудно найти примеры использования, и она не обладает хорошей документацией, что затрудняет использование данной библиотеки в различных проектах.

Libxml2 – это довольно популярная свободная библиотека синтаксического анализа структур XML, написанная на языке высокого уровня C. Разработчики библиотеки предоставляют пользователю подробно задокументированный интерфейс, а наличие примеров на сайте разработчиков позволяет с лёгкость разобраться в данной библиотеки. К преимуществам так же можно отнести быстродействие и высокая переносимость, благодаря тому, что библиотека реализована на основе стандартных возможностях ANSI C.

Данные библиотеки являются кроссплатформенными, но к сожалению, они написаны на языке высокого уровня C, который не предоставляет большую абстракцию чем языки поддерживающие объектно-ориентированный подход. Поэтому было принято решение разработать класс-обёртку на языке C++, которая позволит с легкостью обходить проанализированную структуру XML-документа. Кроме того, с помощью класса-обёртки можно добиться взаимозаменяемости рассмотренных выше библиотек.

Комплекс веб-приложений для получения и анализа данных о результатах онлайн-тестирования студентов

Чеглаков И.Н.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Чернышов Л.Н.
МАИ, каф. 806
cheglakov.ivan@gmail.com

В настоящее время в образовании повсеместно используются информационные технологии, в частности, распространены системы онлайн-тестирования, например, «Федеральный интернет-экзамен в сфере профессионального образования» (http://fepo.i-exam.ru/).

Подобных систем может применяться несколько, поэтому получение статистики по всем результатам – это нетривиальная задача. Целью данной работы является разработка системы для автоматизации данного процесса.

Большинство систем онлайн-тестирования позволяют выгружать данные о тестах в стандартных форматах CSV или XML, однако некоторые предоставляют данные в уникальных форматах. В результате проведенного исследования были выявлены

закономерности, позволившие реализовать синтаксический анализатор файлов с результатами в разных форматах.

Чтобы получить файлы с результатами реализовано приложение, которое по правилу, заданному в cron-формате (например, раз в сутки) получает данные от тестирующих систем и сохраняет файлы на сервере. Для случаев, когда сервис тестирования не поддерживает автоматическую выгрузку, преподаватель имеет возможность загружать файлы вручную с помощью специальной формы.

Обработка загруженных на сервер файлов происходит с помощью отдельного приложения, которое использует реализованные анализаторы и записывает все необходимые данные в базу данных.

Для того чтобы работать с полученной базой данных разработан REST-сервис, выдающий результаты в JSON-формате. Запросы, которые может обрабатывать сервис: получение успеваемости студента по всем тестам, процент выполнения, данные о тестах, информация по дисциплинам, компетенциям, группам, кафедрам, факультетам, курсам.

Получение доступа к веб-сервису происходит с помощью логина и пароля, эти данные шифруются, поэтому можно безопасно использовать даже незащищенное HTTP-соединение.

Для разработки системы был использован язык Java, фреймворк Spring и база данных PostgreSQL. Разработанная система позволяет оценить качество обучения с помощью проведения анализа результатов тестирования, полученных от различных систем. Дальнейшим развитием является интеграция с другими внешними системами (добавление возможности работать с новыми тестирующими системами) и создание полноценной клиентской части (front-end) для удобной работы с сервисом.

Разработка модульной системы измерения и сбора параметров приземного слоя атмосферы

Черкасов Э.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Звонарева Г.А.
МАИ, каф. 304
edgar.cherkasov@yandex.ru

Существующие системы измерения параметров окружающей среды обладают рядом недостатков. Функциональность и набор датчиков этих систем являются жестко заданными, что затрудняет или делает невозможным быструю модификацию системы под конкретную задачу. Закрытость и недоступность информации о принципах функционирования данных систем, в частности отсутствие информации о том, каким образом осуществляется передача данных между функциональными блоками системы, не позволяет разрабатывать для системы новые модули, а так же дорабатывать имеющиеся. Отсутствует информация о том, соответствуют ли данные системы международным стандартам, предъявляемым к данного рода системам (например, руководящим документам WMO (Всемирной Метеорологической Организации). Так же ряд систем не может работать автономно, что ограничивает широту их применения. В связи с этим возникла необходимость в разработке системы, которая учитывает перечисленные недостатки. В докладе рассматриваются аспекты разработки системы измерения и сбора параметров приземного слоя атмосферы, в которой решен ряд проблемы. В системе реализованы возможности работы основных модулей системы независимо друг от друга и изменения набора и типов датчиков, не затрагивая другие модули системы. Так же система позволяет дублировать наборов датчиков. Обеспечен потенциал изменения и доработки ПО модулей системы не затрагивая других модулей системы, учтены требования и рекомендации WMO. Обмен данными между модулями осуществляется с помощью открытых протоколов, поддерживается автономная работа основных модулей системы.

Разработана система, архитектура которой строится по модульному принципу. Разработаны алгоритмы функционирования и программное обеспечение для следующих модулей: модуль измерения параметров, базовая станция, модуль сбора и обработки

данных, модуль для хранения данных на сервере. Дополнительно, в качестве демонстрационных, разработаны модули отправки данных потребителям. Основной частью системы является модуль измерения параметров, в котором обеспечена возможность хранения данных на microSD карте, реализована работа с рядом наиболее доступных датчиков, а так же возможна автономная работа в режиме низкого потребления электроэнергии. Для сбора данных с модулей измерения разработан модуль «базовая станция». Связь между модулями осуществляется по радиоканалу 2.4Ghz, реализован механизм фреймов, позволяющий осуществлять передачу большого пакета с измеренными параметрами. К базовой станции можно подключить до 6 модулей измерения, что позволяет подключать модули с различным набором датчиком или дублировать модули для повышения отказоустойчивости. Так же для базовой станции проведена аналитическая оценка временных характеристик. Данные характеристики показывают, сколько модулей измерения может быть подключено и с какой периодичностью могут измеряться параметры на подключенных модулях. Для обмена данными между модулями системы реализован открытый протокол, который обеспечивает передачу измеренных параметров, а так же необходимых служебных данных. При разработке протокола учтены требования WMO к точности и типу передаваемых данных. Для сбора данных с базовой станции и передачи на сервер хранения и потребителям реализован модуль сбора и обработки данных. Связь осуществляется посредством адаптера USB-UART. Система реализована в виде опытного стенда (прототипа) и проведена апробация разработанного ПО на стенде.

Комплексное обеспечение информационной безопасности

Чернышевский А.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Костыкова О.С.
МАИ, каф. СМиИГ
alexs930@mail.ru

От года к году количество информации в пространстве стремительно увеличивается. Среди этого потока находится немало той, доступ к которой конфиденциален и нуждается в сохранности и защите от посягательств. Этот вопрос решает комплексное обеспечение информационной безопасности.

Современная защита информации включает в себя следующие инструменты: физические заграждения; авторизированный доступ; шифрование; противодействие атакам вредоносных программ и вирусов; аппаратные, программные и физические средства защиты; организационные и законодательные средства защиты.

В данном тезисе отдельно хотелось бы выделить биометрические способы защиты информации, так как они уникальны, наиболее новы, надежны и их тяжелее всего обойти злоумышленникам. Биометрические технологии можно разбить на две подгруппы по типу используемых параметров:

- статические: отпечатки пальцев, сетчатка глаза, геометрия руки и т.п.;
- динамические: воспроизведение голоса или подписи и т.п.

Отпечатки пальцев. Происходит преобразование отпечатка пальцев в цифровой код, который каждый раз уникален, т.к. точки которые берутся за основу, могут ложиться на сканер по-разному, но их местоположение друг относительно друга – уникально, изгиб линий для каждого человека – индивидуален. Благодаря тому, что скан преобразуется в код, который меняется при каждом обращении, а не сохраняется как шаблон, такую систему взломать становится значительно сложнее.

Сетчатка глаза. Первый этап – получение нескольких изображений, сделанных монохромной CCD-камерой, имеющей слабую подсветку, для определения точных параметров. Второй этап – сегментация, разбиение на участки изображения, выделение отдельных частей радужной оболочки глаза, исключение случайных наложений, нормализация и переход в полярную систему координат. Третий этап – параметризация, выделение контрольной области, которую преобразуют в фазовую информацию, с

помощью волн Габора, после чего фаза квантуется в биты информации. В итоге получается индивидуальный код.

Используя указанные методы воедино, можно достичь высокой степени защищенности, т.к. используемые для этого характеристики человека уникальны по отдельности, а в совокупности создают не преодолимую степень защиты для злоумышленников.

Данные системы уже используются в крупных корпорациях, коммерческих структурах и госучреждениях с повышенной требовательностью к защите информации. Развитие данных технологий позволит обезопасить данные от нежелательных воздействий третьих лиц, увеличить объемы систем, и следовательно удешевить технологии, сделать их более доступными для широких масс, развить новые способы и подходы к шифрованию информации.

Применение графических процессоров для ускорения работы генетического алгоритма

Чистяков М.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Сошников Д.В.
МАИ, каф. 806
salabar.mc@gmail.com

Для проекта настольной игры необходим был способ быстро проверять эффект вносимых изменений в правила без необходимости каждый раз искать людей для живого тестирования. Для этого нужно было найти способ машинного обучения без учителя, способный работать без исходных данных и без очевидной функции, которую следует максимизировать. Способ должен хорошо ложиться на архитектуру GPU, чтобы иметь возможность проводить большое количество симуляций без чрезмерных материальных затрат. Схема, в итоге использованная, включает жестко заданный шаблон алгоритма и набор случайно сгенерированных программ виртуальной машины, которые вызываются на этапах вычисления алгоритма, выбранных исследователем. Наборы программ можно рассматривать как особей для поиска оптимальной (в рамках шаблона и программной модели виртуальной машины) стратегии при помощи методов генетического программирования. При этом единицей кроссовера на этапе скрещивания можно сделать одну программу целиком: это решает проблему, в частности, двоичного кодирования, приводящую к тому, что две части генетического кода, являющиеся в родительских особях частью выгодной стратегии, в потомке оказываются не лучше случайного набора бит. Важным моментом является выбор архитектуры для виртуальной машины. Если сделать её набор инструкций полным по Тьюрингу, многие из программ будут зацикливаться и, в силу неразрешимости задачи об останове, то, закончится ли та или иная программа, нельзя понять заранее. Эту задачу можно решить приблизительно, прерывая выполнение в соответствии с теми или иными эвристиками, но так как целью стоит моделирование на графическом процессоре, любых исключительных ситуаций стоит избегать. Поэтому любая программа должна завершаться за конечное число шагов, заданное еще до начала работы генетического алгоритма. Следует учитывать также, что большая часть инструкций программ не будет выполнена или не повлияет на состояние машины. В связи со всем вышеперечисленным, можно прийти к следующей архитектуре: у машины есть N регистров и регистр состояния. Каждый регистр может принимать одно значение из конечного набора. Каждая инструкция представляет собой кортеж (S_0,R_0,V_{min},$V_{max,}$$R_1$,$V_1$, S_1). Если регистр состояния не в значении S_0, то инструкция игнорируется. Если регистр R_0 принадлежит отрезку [V_{min},V_{max}], то значение регистра R_1 меняется на V_1, а в противном случае регистр состояния меняется на S_1. Эта программная модель достаточно гибка, чтобы решать изначально поставленную задачу, при этом её интерпретатор легко можно реализовать без большого числа сложных ветвлений.

Проектирование информационной системы дистанционного взаимодействия с электроустройствами

Шишко А.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Васильев Ф.В.
МАИ, каф. 307
vitaltime@ya.ru

В настоящее время всё острее ощущается необходимость контроля электрообеспечения частной собственности, находящейся в зоне функционирования сотовой связи. Был проведен анализ информационных систем удаленного контроля электросетей, присутствующих на международном рынке. Так как сейчас приложения дистанционного контроля энергопотребления и энергопередачи имеют ряд недостатков, было принято решение разработать информационную систему для нового устройства, которое спроектировано с учетом недостатков аналогичных функционирующих устройств и современных реалий российской экономики.

Полное название программного обеспечения – «Система удаленного контроля электропитания ». Приложение для контроля электросетей на сайте в наглядной форме показывает данные о работе энергосети на отдельном участке, находящейся в зоне действия сотовой связи. Система контроля энергосетей имеет защиту от несанкционированного доступа, и регламентирует право на изменение параметров устройства и право управления данными. Информационная система разработана только для отключения питания электросети на локальном участке, в частности, для некоторых приборов, таких как: телевизор, холодильник, электроплита. Сайт имеет два варианта отображения интерфейса - упрощенный и расширенный.

Вся информация о параметрах электросети передается на сервер с установленным на нем программным обеспечением. Данные с минимальной задержкой становятся доступны авторизированным пользователям на сайте.

Программное обеспечение так же может быть перенастроено на автоматическое отключение определенных устройств от сети, если некоторые параметры превысят безопасную норму. Информационная система обладает определенной гибкостью и имеет возможность сбора информации с 20 устройств контроля электросети, а так же удалить и обновить информацию об этих устройствах. Возможно так же плановое отключение электропитания, регламентированное администратором.

Приложение для контроля электросетей разрабатывается для обеспечения безопасности частной собственности, далекой от постоянного места жительства. Оно может послужить заменой дорогостоящих систем удаленного контроля типа «Умный дом» в нише эконом класса.

В будущем планируется доработать программное обеспечение для совместимости с мобильными операционными системами.

Анализ методов математического программирования для решения оптимизационных задач

Шишкова Н.А.
Научный руководитель – к.т.н, Васильев Г.И.
УЦ «Интеграция» МАИ, каф. 808Б
nin.ok1004@yandex.ru

В ходе научно-исследовательской работы были проанализированы большинство популярных методов математического программирования, а также рассмотрены задачи, для которых эти методы применяются.

Целью работы является анализ методов, их усовершенствование, совместное использование для обнаружения более интересного, рационального метода и комбинации этих методов, а также постановка новых условий задач, в которых возможно их применение.

Актуальность математического моделирования и математического программирования заключается в том, что функции и методы их оптимизации, которые рассматриваются в данной работе, довольно часто применяется на практике в различных сферах, и их исследование позволило бы сократить временные и материальные затраты предприятий, использующих в производстве данные математические аппараты.

Объектом исследования является математическое программирование, а предметом исследования – оптимизационные задачи, для которых применяются методы математического программирования.

В научно-практической работе рассмотрены методы линейного и нелинейного, стохастического, динамического, геометрического программирования. В результате их анализа выявлены достоинства и недостатки каждого метода, предложены задачи, для которых наиболее успешно будет применение каждого из методов.

К особенностям использования данных методов относится то, что оптимальному решению всегда соответствует одна из экстремальных точек пространства решений (это является следствием такого важного свойства задач линейного программирования, как выпуклость пространства решений).

Математическое программирование по-прежнему актуально для современной науки. Методы математического программирования имеют большое прикладное значение, так как с помощью них можно верно и эффективно решить поставленную проблему.

В ходе научно-исследовательской работы были рассмотрены методы математического программирования, а именно: симплекс-метод, метод полного исключения Жордана–Гаусса, метод подстановки, метод множителей Лагранжа, метод Гомори, рекуррентный метод, метод стохастического и геометрического программирования.

Каждый из методов полезен для какого-либо класса оптимизационных задач, имеет достоинства и недостатки, но любой метод поможет принять правильное и эффективное решение. Именно поэтому, хоть и все методы были разработаны достаточно давно, однако до сих пор являются актуальными.

Некоторые из методов возможно применить для задач с новой постановкой и новыми условиями, что доказывает универсальность каждого метода.

Разрешение лексической многозначности для текстов на русском языке

Штанов А.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Чернышов Л.Н.
МАИ, каф. 806
alvlshtanov@gmail.com

Лексическая многозначность – это фундаментальное свойство естественных языков: каждое слово может иметь более одного значения. Разрешение лексической многозначности – это одна из задач в области обработки текстов на естественном языке. Задача заключается в определении правильного значения (или смысла) слов или словосочетаний в том контексте, в котором они употреблены. Большое количество областей обработки текстов на естественном языке также могут воспользоваться результатами задачи разрешения лексической многозначности, такие как: информационный поиск, машинный перевод, контент-анализ, классификация и кластеризация текстов и другие. Для решения задачи необходимо каждому многозначному слову или словосочетанию поставить в соответствие возможные значения, а также определить отношения между значениями и контекстом, в котором использовались данные слова.

При помощи разрешения лексической многозначности можно добиться улучшения результатов при анализе и обработке текстов. Так, например, в системах поиска информации можно исключать из результатов выдачи те документы, в которых термин используется в ином значении, таким образом можно добиться увеличения релевантности результатов запросов. В машинном переводе также можно добиться увеличения качества, так как слово в одном языке не всегда однозначно переводится на другой язык.

Автоматический выбор значения слова исходя из контекста может существенно увеличить качество перевода.

Для решения задач разрешения лексической многозначности и оценки качества полученных решений была выбрана платформа .NET. Морфологический анализ производился при помощи программы MyStem, которая работает на основе словаря и способна формировать морфологические гипотезы о незнакомых словах. Синтаксический анализ проводился с использованием синтаксического анализатора, разработанного в НИИ «КВАНТ».

Выделение концептов производится при помощи специально разработанной программы, которая, основываясь на собранных структурах Википедии, находит все возможные слова и словосочетания представимые в виде концептов.

Метод разрешения лексической многозначности в работе основывается на создании скрытой модели Маркова. Решается задача максимизации, которая заключается в поиске наиболее вероятных значений, соответствующих каждому термину в тексте с учетом контекста. Эта задача в работе решается с использованием алгоритма Витерби.

Проведён анализ эффективности разработанного средства в сравнении с мультиязычным сервисом разрешения лексической многозначности «Babelfy» по двум критериям: точность извлечения потенциально многозначных слов из текста и точность разрешения лексической многозначности.

Эргономические особенности технического оснащения и функционирования ситуационных центров

Шумская Д.Э.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Назаренко Н.А.
СПбГЭТУ «ЛЭТИ», каф. ИС
Shumskaya-dasha@mail.ru

Ситуационный центр (СЦ) – это сложная организационно-техническая система, которая помогает принимать управленческие решения. Создание и распространение СЦ было вызвано высокой степенью неопределенности задач управления, решаемых как в органах государственной власти, так и в крупных корпорациях, где цена неверно принятого решения очень высока. СЦ представляют органам управления информацию о сложившейся ситуации, позволяют прогнозировать возможные варианты её развития, а так же подготавливать альтернативные варианты управленческих решений, если это необходимо.

Несмотря на разнообразие существующих СЦ и сфер их применения, можно выделить наиболее характерные составляющие СЦ:

- полиэкран или экран коллективного пользования;
- средства видеоконференцсвязи;
- систему звукооснащения;
- вспомогательное оборудование;
- интегрированную систему управления.

Полиэкран позволяет одновременно получать и отображать информацию от множества источников, что создает единое информационное пространство для всех работников СЦ. С помощью средств аудио и видеоконференцсвязи и системы теле-присутствия можно наблюдать за удаленными объектами управления в режиме реального времени, организовывать обсуждение актуальных проблем, привлекая одновременно экспертов, находящихся в различных городах и даже странах. Построение интегрированной системы управления обеспечивает взаимодействие всех составляющих технического обеспечения СЦ.

При проектировании и эргономической экспертизе СЦ необходимо учитывать следующие группы эргономических факторов, влияющих на качество функционирования СЦ:

- благоприятный микроклимат помещения;

- эргономические параметры используемой мебели;
- освещение в целом и каждого рабочего места;
- эргономические параметры экранов высокого разрешения;
- эргономические параметры используемых интерактивных досок, для альтернативного представления и управления информацией;
- надежность СЦ, учитывающая вероятность выхода из строя конкретного модуля;
- эргономические параметры микрофонных пультов;
- эргономические параметры документ-камер, которые позволяют увеличивать, подсвечивать и поворачивать изображения;
- эргономические параметры системы интегрированного управления, которая позволяет создать для каждого проекта свой индивидуальный пользовательский интерфейс управления;

В настоящее время ситуационные центры являются одним из наиболее эффективных инструментов поддержки принятия управленческих решений. Необходимо ответственно подходить к созданию СЦ и учитывать особенности функционирования СЦ конкретного назначения.

Привод видеокамеры с удаленным управлением

Щелкун В.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Васильев Ф.В.
МАИ, каф. 307
vit575575@gmail.com

Создание виртуальной реальности- одно из самых востребованных направлений развития технологий начала XXI века. При этом, развитие прослеживается как в сфере развлечений, так и в более прикладных и «серьезных» направлениях.

В самом деле, виртуальная реальность может отражать не только нереальный мир, созданный человеком, но и вполне реальный мир, в котором оперирует человек, но по той или иной причине физически находиться в нужной точке не может. Для обеспечения максимального удобства использования системы, реализующей такой функционал, необходимо создать человеко-машинный интерфейс, который позволит максимально близкими к человеческим движениями (движениями головы) управлять механизмом.

Комплекс, являющий собой этот интерфейс, должен иметь управляющее и управляемые устройства. То есть, он должен состоять из устройства улавливающего движения головы человека, передающее их в виде управляющего сигнала, и устройства, принимающего этот управляющий сигнал и воспроизводящее его.

Такие комплексы уже существуют, но они узкоспециализированы, из-за чего относительно дороги.

Таким образом, целью работы стало создание комплекса, который должен быть простым, легковоспроизводимым и бюджетным. Функционал заключается в управлении платформой при помощи некоего шлема, улавливающего движения с помощью гироскопа- акселерометра и передающего их по радиоканалу в виде управляющего сигнала, а так же устройства, управляющего работой сервоприводов, которые двигают платформу с камерой.

Для создания этого комплекса использован микроконтроллер AVR. Так же, реализация механической составляющей и связи обеспечивается сервоприводами и приемниками-передатчиками радиосигнала соответственно.

Назначение данного комплекса: установка на любительские роботы, квадрокоптеры.

В будущем, данная разработка имеет достаточно много направлений развития. Начиная с разработки упрощенной платформы, обладающей исключительно необходимым функционалом, заканчивая созданием камер и устройств воспроизведения с максимально привычной для человеческих глаз формой представления изображения.

Разработка интерактивного WPF элемента управления для построения графиков

Юдаев А.Е.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Романенков А.М.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
sashayudaev6@gmail.com

Во время работы с числовыми данными нередко возникает потребность в их графическом представлении. При этом зачастую появляется проблема быстрой отрисовки.

Решением стало создание специального WPF элемента управления, главной задачей которого непосредственно является быстрое отображение входных данных и обеспечение возможности взаимодействия с пользователем. WPF представляет собой обширный API-интерфейс для создания настольных графических программ, имеющих насыщенный дизайн и интерактивность.

Рисование графических объектов может осуществляться по-разному. Одним из способов является использование растрового изображения, рисование на котором происходит посредством низкоуровневого или встроенного в систему API.

На данный момент существуют готовые решения, но ни одно из них не отвечает требованиям быстрой отрисовки в силу недостаточной производительности. Именно поэтому, чтобы добиться максимально быстрого графического отображения данных, было решено использовать OpenGL - стандарт в области компьютерной графики. Благодаря его кроссплатформенности, реализация такого программного интерфейса есть и для C#.

Одной из ключевых проблем отрисовки посредством низкоуровневого API является эффект “зубчатости” или “лесенки”, возникающий на краях выводимых на экран изображений. Для борьбы с этой проблемой используются специальные технологии сглаживания, призванные улучшить плавность отображения объектов. Так как производительность явно зависит от количества представляемых точек, было решено использовать алгоритм MSAA, который позволяет добиться большой экономии вычислительной мощности, при этом обеспечивая края изображений достаточной гладкостью.

В связи с тем, что количество изображаемых точек всегда конечно, возникает проблема интерактивности: получение координат точки при маленьких масштабах. В целях повышения точности отображения была использована специальная библиотека MathNet, предоставляющая широкий набор методов и алгоритмов для числовых вычислений, в том числе интерполяции множества точек. Такой способ позволяет определять координаты промежуточных объектов по уже имеющемуся набору, не теряя производительности.

Результатом данной работы является приложение, основная цель которого - это создание максимально эффективного алгоритма для удобного отображения числовых данных в виде графиков и для дальнейшей возможности изменения этих данных. При этом в процессе разработки был решен ряд задач, напрямую оказывающих влияние на производительность и качество представления объектов. Данное приложение реализовано на языке C# с применением технологии построения пользовательских интерфейсов - WPF.

Сравнительный анализ алгоритмов нахождения хеш-сумм файлов и их реализации

Ярмухаметов Ф.Ф.
Научный руководитель – Кейно П.П.
МАИ, каф. СМиИГ
science@blockset.ru

Хеширование данных (или получение хеш-суммы сообщения) представляет собой преобразование данных в битовую последовательность определённой длинны, зависящей от используемой хеш-функции.

Все хеш-функции могут характеризоваться такими параметрами, как:

- вычислительная сложность алгоритма.
- разрядность получаемого хеша
- частота встречаемости коллизий.

Последний параметр является наиболее важным в задачах на нахождение копий и/или установление подлинности (целостности) файлов. Для данных задач чаще всего используются MD5 и SHA-1 алгоритмы, они и будут рассмотрены. А также на рассмотрение будет взят один из наиболее простых алгоритмов хеширования CRC32.

MD5 является 128-битным алгоритмом вычисления хеш-сумм и представляет собой выделение или дополнение поступившей последовательности по/до 512 битного блока далее происходит циклическое вычисление четырех 32-х битных кода на основе полученной последовательности с использованием четырех функций алгебры логики. На каждом последующем этапе новые полученные данные складываются с предыдущими значениями, и результатом работы алгоритма является последовательность этих четырех значений.

Алгоритм SHA-1 160-битный и очень похож на MD5, но происходит не просто выравнивание поступивших данных до 512 байт, а записывается размер исходной длины сообщения. Для получения кода используется 5 переменных по 32 бита. Но значения эти переменные получают от одной логической функции и последовательных циклических сдвигов. Результатом данного алгоритма является последовательность из пяти 32-битных переменных.

Алгоритм CRC32 32-битный алгоритм вычисления хеш-сумм. Алгоритм значительно отличается от рассмотренных ранее. Главное отличие – это размер как самого хеша, так и размер минимального блока данных в 32 бита. Для вычисления в алгоритме используется исключающее ИЛИ и побитовый сдвиг.

Как было сказано выше все представленные алгоритмы хеширования различаются по длине хеша. От длины хеша зависит число коллизий для каждого из алгоритмов и соответственно чем больше хеш, тем меньше вероятность коллизий. Очевидно худшие показатели по числу коллизий у алгоритма CRC32, на 100000 файлов число коллизий составляет примерно 15%. Помимо коллизий необходимо сравнить ещё и эффективность работы алгоритма. Для этого сравним число итераций цикла получение хеш кода для блока данных размером в 512 байт. В результате MD5 – 60 итераций, SHA-1 – 80 итераций, CRC32 – 16 итераций.

В результате можно сделать вывод алгоритм CRC32 весьма быстр, но стоит отметить его неустойчивость к коллизиям, в связи с этим его невозможно использовать для определения дубликатов и однозначного идентификации файлов. В то-же время необходимо отметить, что алгоритмы MD5 и SHA-1 требуют большие затраты ресурсов для получения хеш-суммы.

Секция «Управление движением, навигация и бортовые системы»

Моделирование внешнего оптического резонатора кольцевого моноблочного гироскопа

Авершин А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ус Н.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 92
aavershin@yandex.ru

В настоящее время в аэрокосмических приложениях, где требуется высокая стабильность и точность, используются оптические гироскопические системы. Оптические гироскопы реализуют известный эффект Саньяка. Существуют две группы гироскопов данного типа: лазерные (кольцевые-газовые) и волоконно-оптические. Обе группы оптических гироскопов обладают своими достоинствами и недостатками: связанные с особенностями организации кольцевой оптической схемы, техническим решением задачи возбуждения оптического контура и технологии их изготовления.

Очевидно, что перспективными в условиях рыночных отношений применительно к областям их практического применения будут гироскопические системы, обладающие

требуемыми техническими характеристиками, оптимальным соотношением «цена-качество» и реализуемые на отечественной элементной базе.

В работе рассмотрен кольцевой моноблочный гироскоп с полупроводниковым лазерным диодом (КМГ с ПЛД) представляющий новую, третью группу устройств в общей группе лазерных гироскопов. Основными отличительными признаками КМГ с ПЛД являются: наличие моноблока с открытыми оптическими каналами, образующих оптический контур устройства, внешнего оптического резонатора и полупроводникового лазерного диода в качестве источника оптического излучения. Сопряжение оптического контура гироскопа с полупроводниковым лазерным диодом достигается за счет использование внешнего оптического резонатора специальной конструкции [1]. Фактически в конструкции реализуется резонатор типа Фабри-Перо.

Целью исследования является решение задачи оптимизации конструктивно-технологического решения внешнего оптического резонатора специальной конструкции за счет вариации его геометрических размеров при минимизации количества переотражений оптического луча внутри резонатора и минимальном отклонении выходного луча относительно оси оптического канала моноблока.

Многомодовый оптический сигнал от ПЛД, поступая в резонатор, за счет многократного отражения в существенно нелинейной схеме, выходит из него с заданными параметрами. При симметричной конструкции внешнего оптического резонатора достигается расщепление входящего оптического сигнала от ПЛД на два равных взаимно-противоположных потока, которые в дальнейшем участвуют в реализации эффекта Саньяка в оптическом контуре [2].

Поставленная задача решалась с привлечением пакета прикладных программ COMSOL Multiphysics версии 5.1. и SolidWorks 2015.

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что при проектировании внешнего оптического резонатора по типу «усеченная призма», имеет место установленное оптимальное конструктивно-технологическое решение, обеспечивающие двунаправленный режим излучения лазерного диода с максимальным коэффициентом полезного действия преобразователя.

Литература:

1. Лазерный гироскоп: пат. 2488773 Российская Федерация, МПК G01N. // Ус Н. А.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Военный авиационный инженерный университет» (г. Воронеж) (RU). – №2011144273; заявл. 01.07.2011; опубл. 27.07.2013, Бюл. № 21. 10 с.

2. Ус Н. А., Задорожний С. П., Авершин А.А. Кольцевой моноблочный гироскоп с полупроводниковым лазерным диодом: особенности системы съема выходной информации // Н. А. Ус, С. П. Задорожний // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2016. – Том. 12 – №2. – С.82-86.

Исследование методических ошибок инфракрасного построителя вертикали малого космического аппарата дистанционного зондирования Земли при летно-конструкторских испытаниях

Акимов Е.В.
Научный руководитель – Виленский В.В.
3 Научная рота КВ ВКС
akimov-ev@list.ru

Исследуемая система управления является бесплатформенной системой ориентации на базе аналитического гирокомпаса. В качестве датчиков первичной информации используются гироскопический измеритель вектора угловых скоростей и ИК-построитель вертикали.

Суммарная погрешность ИКВ в общем случае складывается из следующих составляющих:

1. Инструментальной и методической погрешностей, носящих систематический характер, и определяемых наличием угловой зоны нечувствительности прибора, которая зависит от принятой схемы и параметров датчика.

2. Случайных погрешностей, обусловленных технологическим разбросом номинальных параметров и допусками на изготовление и сборку отдельных элементов и прибора в целом, так и контрольно-юстировочной аппаратуры, используемой для его настройки; это чисто инструментальные погрешности ИКВ, вызывающие увеличение (разброс) ожидаемого порогового угла рассогласования.

3. Систематических и случайных погрешностей, вызванных отклонением характеристик реальной планеты от характеристик принятой в расчетах ее модели; это в первую очередь несферичность формы Земли и нестабильность излучения ее горизонта; они являются чисто методическими погрешностями прибора.

Источником методической погрешности прибора ИКВ является отличие рабочего источника - Земли от идеальной равнояркой сферы.

Рассматриваются следующие составляющие методической погрешности:

- несферичность Земли,
- широтные и сезонные систематические вариации яркости ИК горизонта Земли,
- случайные метеорологические (погодные) вариации яркости,
- случайные вариации высоты излучающего слоя атмосферы.

Погрешность прибора из-за несферичности Земли носит чисто геометрический характер и вполне определяется следующими параметрами орбиты КА:

- средняя высота орбиты H=500км,
- наклонение орбиты i=74,5°.

Креновая составляющая меняется в пределах 5 угл.мин. с частотой орбитального вращения КА, а тангажная составляющая меняется в пределах 9 угл.мин. с двойной орбитальной частотой.

Исходными данными для данной работы были взяты ТМ-сигналы ИКВ, полученные с МКА в ходе ЛКИ. При этом система ориентации находилась в режиме астроориентации по геоцентрической вертикали с периодической коррекцией углового положения МКА по сигналам датчика звездного (ДЗ), а прибор ИКВ работал в индикаторном режиме.

Анализ ТМ-сигнала показал, что ошибка из-за несферичности Земли является превалирующей. В связи с этим предлагается вводить поправку в систему на величину этой ошибки.

Цикл лабораторных и практических работ по микропроцессорной технике в среде Matlab-Simulink на основе отладочной платы Arduino

Коломийчук С.А., Шаповалов Н.А., Ямашев Г.Г.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Афонин А.А.
МАИ, каф. 305
Zhurina.svetochka@mail.ru

В докладе рассматривается цикл лабораторных и практических работ для изучения студентами высших технических учебных заведений современных микроконтроллеров. В основе лабораторного практикума лежат модельно-ориентированная среда Matlab-Simulink, отладочная плата ARDUINO UNO на базе 8-разрядного микроконтроллера RISC-архитектуры, а также система автоматизированного проектирования Proteus.

В цикле лабораторных и практических работ применяется модельно-ориентированный подход к разработке программного обеспечения микроконтроллера, который основан на использовании технологии автоматической кодогенерации исполняемого кода из Simulink-модели. Достоинствами подхода для студентов инженерных специальностей является возможность создания управляющей программы для микроконтроллера на основе интуитивно понятного и хорошо структурированного модельно-ориентированного языка и автоматизированный переход от модели на компьютере к управляющей программе на микроконтроллере. Для изучения основ

микропроцессорной техники на кафедре № 305 «Автоматизированные комплексы систем ориентации и навигации» МАИ разрабатываются оригинальные лабораторные модули и программное обеспечение. Указанные разработки направлены на получение навыков практического применения современных микроконтроллеров в приборах и системах навигации и ориентации. Конструктивно каждый из лабораторных модулей представляет собой отладочную плату ARDUINO UNO с подключенными к ее выводам оригинальными платами расширения, состоящими из стандартных электронных компонентов. При этом выполнение работ возможно как непосредственно в лаборатории микропроцессорной техники с применением соответствующих лабораторных модулей, так и на любом компьютере с использованием схемотехнических моделей модулей в системе автоматизированного проектирования Proteus. Выполнение цикла работ дает возможность студентам в короткий срок освоить базовые элементы модельно-ориентированного программирования в среде разработки Simulink, а так же изучить основы работы с микропроцессорной техникой в целом, без углубленного изучения языков программирования высокого уровня, особенностей конкретных микроконтроллеров и специфики инструментария для их программирования. Авторским коллективом на текущий момент подготовлено и опубликовано два электронных учебных пособия к соответствующим лабораторным и практическим работам. Трехгодичный опыт применения лабораторного практикума в учебном процессе кафедры № 305 подтвердил целесообразность и эффективность его применения, большую заинтересованность студентов в современных средствах обучения. В настоящее время авторским коллективом разрабатывается очередной практикум для изучения ряда вопросов авиационного приборостроения в области систем навигации и ориентации в рамках применения высокопроизводительных 32-разрядных микроконтроллеров архитектуры ARM. В частности, разрабатываются лабораторные стенды для изучения микропроцессорных имитаторов бортовых датчиков первичной информации (гироскопической вертикали и курсовой системы) и вопросов их сопряжение с командно-пилотажным прибором КПП-1273, указателем гиромагнитного радиокомпаса УГР-4К.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках проекта РФФИ по гранту 15-08-05708а, а также гранта Президента РФ № МК-8036.2016.5.

Разработка универсальной системы управления мобильной платформой

Андрющенко А.В., Котляр Д.И., Корнейчук В.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ломанов А.Н.
РГАТУ, каф. ВС
blaker09@mail.ru

В настоящее время происходит роботизация практически всех сфер человеческой деятельности. Важнейшие классы роботов широкого назначения – мобильные роботы. Общим элементом для них является мобильная платформа, которая может иметь различные конструкции и возможности, но её главной функцией является управление двигателями и основной навигацией, которая включает в себя избегание препятствий и перемещение в место назначения.

Одним из главных элементов мобильной платформы является система управления. На данный момент самым универсальным способом её реализации является разработка пользовательского веб-интерфейса. Он позволяет управлять платформой с любого устройства, которое поддерживает Wi-Fi соединение.

Программирование мобильных платформ делится на два основных этапа. *Программирование нижнего уровня* – это программирование контроллера, установленного внутри мобильной платформы, который выполняет несколько функций: управляет двигателями, манипулятором и взаимодействует с подключенными датчиками**.** *Программирование верхнего уровня* – это программирование системы управления.

Для облегчения труда разработчикам нижнего уровня, было принято решение о разработке универсальной системы, которая будет соединяться с мобильной платформой, передавать команды управления и считывать обратную связь.

Для реализации *WEB*-интерфейса удобнее всего использовать одноплатные компьютеры на базе *ARM* микроконтроллеров. Наиболее распространённым из них является *Raspberry Pi*, который и был выбран. Данный одноплатный микрокомпьютер размещается на самой платформе, с подключенными к нему камерой *Raspberry Pi Camera board v*2.1 по интерфейсу *CSI*, а также лазерным радаром *RoboPeak A1M1* по интерфейсу *USART*.

К устройству системы управления предъявлены следующие требования:

- передача команд управления двигателями и манипулятором;
- передача пользовательскому устройству изображения с камеры, установленной на платформе, а также карты местности с лазерного радара;
- распознавание предметов, их размеров и расстояния до них;
- распознавание препятствий на пути платформы.

Для построения карты местности, а также локализации робота используется *SLAM* – метод одновременной локализации и построения карты. В настоящее время существует большое количество различных реализаций этого метода. В данной работе используется одна из самых популярных реализаций – *Hector SLAM*. Данная реализация позволяет строить карту местности с помощью лазерного радара и одометрии платформы.

Визуальная часть веб-интерфейса представлена в двух вариантах: полноразмерная версия (для мониторов компьютеров, планшетов с большой диагональю экрана) и мобильная версия (для мобильных телефонов, планшетов с маленькой диагональю).

В ходе данной работы была разработана система управления мобильной платформой, которая является универсальной, имеет *WEB*-интерфейс, поэтому пользователь может управлять платформой с помощью любого устройства, можно подключить любую платформу с реализованным протоколом обмена.

Система управления позволяет управлять движением мобильной платформы и движениями манипулятора, а также снабжена распознавания предметов с помощью камеры, построением карты местности и распознавание препятствий на пути платформы с помощью лазерного радара.

Система корректировки курса беспилотного летательного аппарата на основе анализа грозовой активности

Артемьев И.В.
Научный руководитель – к.т.н. Гайнутдинов Р.Р.
КНИТУ-КАИ, каф. САПР
arigva@gmail.com

Современный беспилотный летательный аппарат (БЛА) содержит большое количество электронных систем для автономного полета в различных погодных условиях. Однако нелетная погода становится проблемой при запуске БЛА. В частности из-за широкого применения микроэлектроники, чувствительной к электромагнитным полям, БЛА с большой вероятностью потерпит крушение при ударе молнии.

Разряд молнии в грозовом облаке может произойти в любой момент времени и делится всего на два типа: линейный и внутриоблачный. Оба типа формируются в виде ионизированной области между облаками с последующим разрядом, косвенное или прямое влияние которого воздействует на БЛА. Статистика таких разрядов молнии с последующей потерей БЛА свидетельствует об одном ударе молнии в год. Применение легких композитных материалов в конструкции только ухудшает электромагнитную стойкость БЛА. На фюзеляже скапливается электростатический заряд во время полета, и БЛА становится «кратким путем» для прохождения электрического заряда молнии в десятки тысяч киловольт к земле. Носовая часть и законцовки крыла как самые ионизированные области способствуют началу образования плазменного канала молнии – стримеру. Заряд, проходящий по корпусу БЛА, разрушает его структуру и повреждает электронную начинку воздействием электромагнитного излучения. Косвенное воздействие молнии также может создать помехи в работе электронных систем, вплоть до их повреждения.

Целью работы является разработка системы корректировки курса БЛА на основе анализа грозовой активности.

Прогнозирование метеообстановки перед полетом позволяет задать начальный маршрут полета в автономном режиме, но не учитывает быстро изменяющихся условий полета. Скорость циклона может достигать 100 километров в час, и данные о таком опасном сближении чрезвычайно важны во время полета БЛА. Для безопасного обхода грозы разрабатывается система корректировки курса БЛА. Уход с заданной траектории полета (в случае попадания в сложную грозовую обстановку) рассчитывается при получении данных о превышении пороговых уровней напряженности на основе анализа электромагнитной обстановки. На основе полученной информации вычисляется интенсивность и координаты центра грозы. Сформированные границы зоны грозовой активности позволят изменить заложенный в программу полета курс, тем самым выбрать наиболее безопасный и экономичный маршрут.

Предлагаемая система корректировки курса решит проблему потери автономного БЛА с дорогостоящей полезной нагрузкой и ценными данными при попадании в грозу.

Для решения данной задачи создана структурная модель работы системы корректировки курса БЛА. Разрабатывается математическая и алгоритмическая модели, на основе которых будет создан макет системы корректировки курса. Экспериментальные исследования работы системы корректировки курса на макете позволят использовать и внедрять систему на предприятия, разрабатывающие беспилотные летательные аппараты и авиационные комплексы.

Анализ математической модели критериальной оптимизации вертикального профиля полета авиалайнера

Бережной Д.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Веремеенко К.К.
МАИ, каф. 305
Satanax@mail.ru

В последнее время все большее внимание уделяется экономичности выполнения полетного задания при условии обеспечения требуемого авиационными нормативами (например, устанавливаемыми ICAO) уровня безопасности полета. Для этого применяется критериальная оптимизация полетной задачи в виде оптимизации вертикального и горизонтального профилей полета.

Многие производители функционального программного обеспечения самолетовождения (такие, как МИЭА, Boeing и пр.) используют классическую модель оптимизации профиля полета посредством решения вариационной задачи на основе подобранного функционала, общий вид которого можно представить как: $F = f(\Phi_{тр}, \Phi_{аэр}, \Phi_{конф}, \Phi_{с.у.}, \Phi_{в.с.}, \Phi_{т.э.})$,где $\Phi_{тр}$ – навигационные параметры, $\Phi_{аэр}$ - пилотажные параметры, $\Phi_{конф}$ - параметры массы и конфигурации ЛА, $\Phi_{с.у.}$ - Параметры силовой установки, $\Phi_{в.с.}$ - параметры внешней среды, $\Phi_{т.э.}$ - технико – экономические параметры.

Помимо решения вариационной задачи можно отметить опыт компании Boeing, успешно применяющую эвристическую предполетную оптимизацию, и Airbus, использующую предполетную оптимизацию профиля (или в пункте маршрута) посредством генетического алгоритма [1,2].

Ввиду вычислительной сложности генетический алгоритм представлялось возможным использовать только при предполетном формировании профиля полета, на персональном компьютере диспетчера УВД [2]. Возможна комбинация методов решения задачи оптимизации, посредством которой становится возможным оперативное счисление оптимальных параметров во время полета [3].

Получена математическая модель критериальной оптимизации вертикального профиля. Произведён анализ данной модели, показавший пригодность предлагаемой методики к решению задачи оптимизации. Представлена структурная схема математического моделирования. Описаны основные положения по обобщению используемой модели движения ЛА, в частности – добавление 3-х мерной модели ветра и

разбиение на участки полета для возможности реализации поэтапного решения задачи построения оптимального профиля комбинированным методом.

По полученной модели подготавливается программа для численной проверки разрабатываемой методики.

Литература:

1. Banavar Sridhar and Neil Y. Chen, Hok K. Ng, Florian Linke, Olga Rodionova and Daniel Delahaye // Strategic Planning of Efficient Oceanic Flights at Eleventh USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar (ATM2015).; URL:http://www.atmseminar.org/seminarContent/seminar11/papers/355_Sridhar_1222140649-Final-Paper-4-20-15.pdf (дата обращения: 08.03.2017).

9. Roberto Salvador Félix Patrón, Yolène Berrou, Ruxandra Mihaela Botez // New methods of optimization of the flight profiles for performance database-modeled aircraft. ETS, URL:Laboratory of Research in Active Controls, Avionics and AeroServoElasticity (www.larcase.etsmtl.ca), Montreal, Quebec, H3C-1K3, Canada, 2014.;
10. Дивеев А.И., Шмалько Е.Ю. Вариационный генетический алгоритм для решения задачи оптимального управления // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1.

Научно-методический комплекс оценки метеоусловий для эффективного применения бортовых лазерных локационных систем

Булгин Д.В., Пещеров Ю.Г., Слащёв С.В.
Научный руководитель – д.т.н., доцент Кузнецов И.Е.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 13
d.bulgin77@yandex.ru

Актуальность исследований, связанных с оценкой влияния метеоусловий на возможность применения бортовых лазерных локационных систем (БЛЛС), обусловлена тем, что современные авиационные комплексы оснащены большим количеством оптико-электронных средств, обеспечивающих решение задач взлёта, посадки, полёта по маршруту и поиска различных объектов.

Успешность решения этих задач достигается оптимальным выбором соответствующих средств (оптических, лазерных, радиолокационных и т.д.) использующих различные диапазоны длин волн, которые, в свою очередь, определяются конкретными значениями метеоэлементов.

Поэтому, важным является решение задачи разработки научно-методического комплекса, позволяющего на основе полученных метеорологических критериев определить пространственные зоны и временные интервалы, когда использование БЛЛС будет наиболее эффективным.

Целью работы является повышение эффективности метеорологического обеспечения выполнения авиационных задач с применением БЛЛС.

В работе предлагается следующая методика определения метеоусловий, неблагоприятных для применения БЛЛС:

1. На основе разработанной методики определяются критерии применения БЛЛС по метеоусловиям.

2. По данным, полученным из климатического описания района предстоящих полётов или архивной выборке, строятся гистограммы распределения метеопараметров (например, метеорологической дальности видимости и интенсивности осадков).

3. Определяются критериальные значения метеоусловий (например, метеорологической дальности видимости и интенсивности осадков), исходя из ограничений на работу БЛЛС [1].

4. Используя полученные данные, рассчитываются вероятности превышения значений метеоусловий (например, метеорологической дальности видимости и интенсивности осадков) над их критериальными значениями [2].

5. На основе полученных результатов определяются наименее благоприятные зоны по метеоусловиям для функционирования БЛЛС.

Таким образом, в представленной работе предложена методика определения неблагоприятных метеоусловий для применения бортовых лазерных локационных систем, которая может являться основой для поддержки принятия решений на применение авиационных комплексов.

Литература:

1. Билетов М.В., Тищенко А.И., Кузнецов И.Е. Основы радиолокационной метеорологии. М.: Воениздат, 2008, 330 с.

11. Кудашкин А.С. Теория вероятности и математическая статистика в метеорологии. М.: Воениздат, 1985. 324 с.

Активный магнитный подшипник ротора турбовентиляторного двигателя среднемагистрального самолета

Булычев Р.П., Есипов А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Шлеенкин Л.А.
МАИ, каф. 301
esalex94@mail.ru

В данной работе рассматривается возможность использования активных магнитных подшипников (АМП) для установки ротора турбовентиляторного двигателя средне магистрального пассажирского самолёта. АМП обладают рядом существенных преимуществ: отсутствием смазки, отсутствием изнашивания, возможностью работы при экстремальных условиях окружающей среды, низким энергопотреблением, контролируемостью положения оси ротора, большим зазором, регулируемостью жёсткости и демпфирования подвеса.

АМП – это сложное устройство, которое позволяет выполнять бесконтактный подвес ротора относительно статора машины. Устойчивое положение ротора достигается благодаря силам магнитного притяжения, которые действуют на ротор со стороны электромагнитов. В настоящее время система управления подшипника реализует управление по сигналу рассогласования положения ротора от положения устойчивого равновесия путем формирования токов в обмотках электромагнитов. Система магнитного подвеса ротора реализует 5-ти канальную систему стабилизации линейного и углового положения ротора и включает в себя не только подшипники, встроенные в корпус машины, но и электронный блок управления, а также датчики положения и усилители мощности.

Для повышения динамической точности вращения ротора в работе предложена комбинированная система управления положением ротора, включающая помимо контура главной обратной связи по линейным и угловым координатам ротора еще и контур управления по силовым возмущениям, обусловленным инерционными нагрузками и давлением газов со стороны турбины и компрессора двигателя. Реализованная таким образом система управления АМП является инвариантной, и позволяет значительно повысить динамическую точность стабилизации ротора.

На основе полученных математических моделей для канала осевой стабилизации ротора в среде MATLAB были построены переходные процессы, вызванные изменением нагрузок. Сравнение комбинированного управления и применяемым в настоящее время управлением по отклонению показало, что достигаемая динамическая точность при одновременном улучшении качества переходного процесса в системе повышается примерно вдвое.

Идентификация инерционных нагрузок в системе управления активными магнитными подшипниками для подвижных объектов

Булычев Р.П., Есипов А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Шлеенкин Л.А.
МАИ, каф. 301
Jericho001@yandex.ru

Активный магнитный подшипник (АМП) позволяет осуществить бесконтактный подвес ротора машины относительно статора. Из-за отсутствия механического контакта между ротором и неподвижным статором магнитные подшипники имеют ряд преимуществ, которые в конечном итоге сводятся к повышению показателей надежности, и снижению энергопотребления при существенном увеличении частоты вращения ротора и снижении шумов и вибраций. В частности, замена традиционных подшипников газотурбинных авиационных двигателей на АМП позволяет расширить диапазон рабочих скоростей и температур двигателя. Использование АМП позволяет производить более лёгкие, тихие и эффективные двигатели, эксплуатационные затраты на которые будут значительно меньше.

Достижение устойчивого положения ротора осуществляется силами магнитного притяжения, действующими на ротор со стороны электромагнитов. Система управления АМП формирует ток обмоток электромагнитов по сигналам отклонения ротора от устойчивого положения с помощью бесконтактных датчиков перемещений ротора. Для обеспечения безаварийной работы подвеса величина воздушного зазора должна гарантировать отсутствие механического контакта при всех значениях внешних возмущении. При этом увеличение воздушного зазора повышает энергопотребление АМП.

Более перспективным техническим решением, уменьшающим энергопотребление в 2 и более раз, является построение инвариантной системы управления с введением контура управления по силовому возмущению, вызванному действием инерционных нагрузок. Эти нагрузки обусловлены перегрузками на борту летательного аппарата. Учитывая, что распределение перегрузок по объему летательного аппарата является неравномерным и зависит от конкретных элементов маневрирования, возникает задача вычисления инерционных нагрузок и приведение их к местам размещения радиальных и осевых АМП.

Для решения поставленной задачи предложено вычислять значения линейных и угловых ускорений и в любой точки объема летательного аппарата, в том числе и в пространстве, занимаемым самим газотурбинным двигателем. Для этого предложены алгоритмы вычисления этих ускорений в требуемых точках по сигналам, снимаемым с интегральных акселерометров, установленных в пригодных для их размещения местах на борту летательного аппарата. В свою очередь, идентификация самих инерционных нагрузок и гироскопических моментов, действующих на вращающийся ротор газотурбинного двигателя, производится с помощью механических моделей ротора, включающих сосредоточенные массы, диски с известными массами и моментами инерции, которые соединены между собой упругими невесомыми стержнями, и также стержнями и распределенной массой.

В результате моделирования переходных процессов в системе управления АМП, реализующей комбинированное управление как по отклонению ротора от положения устойчивого положения, так и по возмущению, обусловленному действием перегрузок, показано, что динамическая точность системы управления возрастает более чем в 2,5 раза. Таким образом, показана возможность создания силовых электромагнитов с уменьшенными габаритами, массой и энергопотреблением.

Разработка программного комплекса для выбора оптимального маршрута полета летательного аппарата в сложных условиях при наличии угроз

Воронин К.Е.
Научные руководители – д.т.н. Гаврилов К.Ю., д.т.н. Гончаренко В.И.
МАИ, Военный институт
Kirik4444@yandex.ru

Задача выбора оптимального маршрута полета летательного аппарата (ЛА) в сложных условиях при наличии угроз рассматривалась неоднократно, но остается актуальной и в настоящее время, особенно в связи с развитием и широким использованием беспилотных ЛА.

В работе решается задача нахождения оптимального маршрута полета летательного аппарата (ЛА) в зоне действия средств противовоздушной и противоракетной обороны (ПВО и ПРО) противника, на основе анализа изображения карты местности. Как правило, средства ПРО и ПВО являются мобильными и, следовательно, расположение их зон поражения вблизи охраняемых объектов заранее не известно. В качестве показателей оптимального пути полета ЛА выбраны минимальная длина пути между точкой старта и точкой окончания полёта, а также минимальная длительность пребывания ЛА в зоне обнаружения. Для нахождения оптимального пути ~~и~~ разработаны два алгоритма: алгоритм “случайных точек” и алгоритм A* (A-звездочка). Предложенные алгоритмы программно реализованы в среде Matlab.

Алгоритм “случайных точек” предложен в виде трёх основных шагов.

1. Выбирается несколько случайных точек на карте, затем они соединяются по порядку прямыми линиями. Рассчитывается стоимость такого пути. При первой итерации, алгоритм запоминает этот путь (расположение точек), а также запоминает его стоимость.

2. Предыдущий шаг повторяется несколько раз. В конце каждой итерации выполняется проверка, если стоимость пути на текущей итерации, меньше чем минимальная стоимость пути, то обновляются значения стоимости минимального пути и сам путь на текущие данные, иначе выполняется следующая итерация.

3. По завершению всех итераций, алгоритм выводит путь с наименьшей стоимостью, этот путь и принимается оптимальным.

Для реализации алгоритма A* изображение карты местности разбито на ячейки. Каждая такая ячейка называется – вершиной. Вершины могут быть представлены различными фигурами, например, квадратом, прямоугольником, шестиугольником, кругом и другими. В работе тестовый пример представлен для случая разбиения на равные квадраты. При таком разбиении в результате получился обыкновенный двумерный массив данных о карте местности. Каждый элемент массива хранит информацию об условиях пролёта ЛА. Для поиска оптимального маршрута полета ЛА используется функция оценки стоимости.

Разработанные алгоритмы прошли тестирование на типовых гипотетических примерах расположения зон действия средств ПВО и ПРО. Выявлены достоинства и недостатки обоих алгоритмов для различных условий полёта ЛА. Основным преимуществом алгоритма “случайных точек” является возможность его простой программной реализации. При этом он не всегда позволяет найти оптимальный путь полёта ЛА, в отличии от алгоритма A*, который всегда обеспечивает нахождение такого пути.

Областью применения полученных результатов является создание программно-аппаратных комплексов для управления смешанными группировками ЛА. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-29-04326 офи_м).

Универсальный комплекс оборудования системы посадки

Гордиенко П.В, Приказчиков Е.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н Милашкина О.В
УИ ГА им. Б.П.Бугаева
gordienko.pavel@bk.ru

В работе представлен проект перспективного трансформируемого комплекса электросветотехнического оборудования для труднодоступных аэродромов и взлетно-посадочных полос.

В настоящее время на территории РФ существует достаточно большое количество труднодоступных для гражданских воздушных судов мест. География расположения этих мест в основном северные части западной и восточной Сибири, районы крайнего севера и полярного. Невозможность формирования воздушного сообщения с этими районами объясняется тем, что вместо взлетно-посадочных полос используется поверхность земли и, как следствие, нет и специального оборудования для посадочных систем, что позволяет принимать только вертолеты в хорошие метеоусловия.

Предлагаемый проект комплекса системы посадки позволяет формировать условия для посадки самолетов практически в любых географических условиях. Конструктивно предлагаемый проект универсального комплекса оборудования систем посадки не имеет целостной конструкции, а состоит их отдельных связанных между собой элементов:

- Генератор переменного тока с двигателем внутреннего сгорания,
- Двух доплеровских радиолокаторов,
- Светоотражающих элементов,
- Четыре светосигнальные переносные станции;

Главный элемент этого комплекса является переносная светосигнальная станция, выполняющая основные функции и состоящая также из нескольких элементов:

- Трехцветный лазерный элемент вместе с рассеивателем и накачивающим устройством,
- Световой или лазерный элемент для освещения ВПП,
- Подвижное крепление с изменяемым углом наклона,
- Радиостанция;

Разрабатываемый комплекс, несмотря на простоту конструкции, позволяет выполнять практически все навигационные задачи современных комплексов систем посадки, используемых в крупных аэропортах:

- Выполнять регулировка угла наклона подвижной платформы до значения угла наклоны глиссады ВС (для аэропортов РФ 3°), в случае посадки с меньшим или большим углом радиостанция, установленная в переносной станции, проинформирует экипаж. Также переносная станция формирует световые сигналы: зеленого, если снижение происходит по глиссаде, красного цвета, если снижение происходит выше уровня глиссады, и желтого, если ниже уровня глиссады.

- Цветовая идентификация длины пробега ВС по ВПП осуществляется посредством работы 2-х доплеровских радиолокаторов, установленных по краям ВПП . В зависимости от оставшегося расстояния до конца ВПП на переносной станции формируется сигнал зеленого, если расстояние до конца ВПП более 700 метров, желтого, если расстояние менее 500 метров, красного, если расстояние менее 300 метров. Сигнал распространяется между 2-мя ближайшими переносными станциями перпендикулярно ВПП.

- В качестве сигналов, обозначающих границы ВПП, используются светоотражающие элементы и сигналы о пройденном при пробеге расстоянии.

- Несложная конструкция и легкость в трансформации и установки позволяют установить комплекс на любой относительно ровной поверхности, длина и физические характеристики которой позволяют использовать ее в качестве ВПП. Поэтому эксплуатация данного комплекса возможна не только в области гражданской авиации, но и для решения различных задач в области военной авиации и авиации МЧС.

Оптико-электронная навигационная система

Григорьев Р.Н., Чечков Е.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ипполитов С.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 93
rom_grig@mail.ru

Надежность самолетовождения зависит от совокупности факторов, связанных как с точностью работы навигационного комплекса самолета, так и с возможностью использования отдельных его элементов. наибольшее влияние на надежность самолетовождения оказывает точность решения задачи вывода самолета в заданную позицию. Основным источником навигационной информации на борту самолета является инерциальная навигационная система(ИНС). Специфика ИНС такова, что в начальный момент времени работы в ее вычислитель должна быть введена информация о координатах. Кроме того, чувствительные элементы ИНС должны быть к этому моменту выставлены в надлежащее положение или их ориентация должна быть учтена аналитическим путем, соответственно для платформенных и бесплатформенных систем.

В используемых в настоящее время отечественных инерциальных навигационных системах применяются следующие виды выставки: ускоренная, грубая, точная, гирокомпасирование. При ускоренной выставке время подготовки самолета к вылету минимально, однако точность данной выставки невысока, кроме того необходимо присутствие человека-оператора для ввода начальных координат. При способе определения параметров начальной выставки с использованием теодолита процесс определения начальных координат довольно длительный, трудоемкий, на точность влияет субъективный фактор – присутствие человека-оператора, кроме того, он требует разметки аэродрома и выполнения дополнительных топогеодезических работ, а также необходимо подсвечивать ориентиры в ночное время суток. Метод гирокомпасирования достаточно точный, но длительный - выставка занимает порядка 40 минут. В результате анализа данных методов, обосновывается необходимость совершенствования процесса выставки путем разработки высокоточных, быстродействующих средств коррекции на базе оптико-электронных систем (ОЭС). В работе приводится алгоритм определения текущих координат самолета оптико-электронной навигационной системой на этапе коррекции.

Решение задачи повышения точности достигается за счет оптимальной обработки избыточной информации путем комплексирования систем. Авторами проанализированы существующие методы комплексирования, в результате чего сделан вывод, что из схем слежения, фильтрации и компенсации, с учетом выполнения условия инвариантности схемы по отношению к полезному сигналу, а также существенном различии спектрального состава погрешности ОЭС и ИНС, предлагается комплексирование выполнять по способу компенсации. Эффективность комплексной системы в данном случае достигается за счет выделения погрешности одного измерителя (ИНС) на фоне погрешности другого измерителя (ОЭС). Выделенная погрешность считается полезным сигналом. Она вычитается из выходного сигнала ИНС, тем самым компенсируя ее погрешность.

С учетом того, что структура комплексной системы определена, используя метод параметрического синтеза, определены оптимальные, с точки зрения условия минимальной суммарной дисперсии, астатизма по отношению к нестационарной составляющей погрешности ИНС и быстродействия, параметры данной системы.

В результатах отражается, что применение предлагаемой системы позволяет кардинально улучшить качество процесса определения координат самолёта: во-первых, достигнута необходимая точность определения координат, устранен человек-оператор, вносящий субъективные погрешности, во-вторых, данный процесс полностью автоматизирован. При оценке эффективности выяснено, что применение данной системы позволяет повысить точность определения координат в 1,49 раза за час полета.

Разработка цифровой системы траекторного управления беспилотного летательного аппарата

Гузанова А.Е., Смирнова Н.А.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Кизимов А.Т.
РГАТУ им. П.А Соловьева, каф. РТС
sn1710m@gmail.com, rts@rsatu.ru

В настоящее время актуальна проблема повышения качества информации, передаваемой на беспилотный летательный аппарат (БЛА) и получаемой с него. В связи с этим информативный обмен между наземным пунктом управления (НПУ) и БЛА осуществляется в цифровой форме, что повышает быстродействие и качество обработки информации. Это особенно важно для процедуры траекторного управления, так как процесс предусматривает активный обмен информацией.

Для решения поставленной задачи рассмотрим процесс траекторного управления, включающий в себя полёт по траектории, заданной точками, полёт по выбранному участку круга, по замкнутой траектории над аэродромом, включая участки взлёта и посадки на ВПП, полёт по замкнутой змейке.

Стандартная процедура траекторного управления, характерная для всех видов полёта, включает в себя ввод координат маршрута полёта, вычисление координат БЛА, обработку информации, включающую в себя математические выражения для расчёта длины хорды участка траектории, тригонометрических функций угла поворота осей траекторной системы координат, угла отклонения направления полёта к точке прицеливания и координаты точки прицеливания в траекторной системе координат. Перечисленные математические преобразования направлены на получение вектора выходных параметров, состоящего из заданного угла крена, высоты и приборной скорости полёта.

Создание алгоритмов для написания программы основано на математических выражениях и связи между ними. Таким образом, общая структурная схема алгоритма состоит из 4 блоков: подлёт к траектории, выбор точки подлёта к траектории, траектория полёта и вывод вектора вычисленных параметров.

Блок подлёта к траектории характеризуется наличием следующих структурных компонентов: расчёт траекторных координат и расстояния между ними, расчёт тригонометрических функций угла поворота, учёт расстояния упреждения и расчёт момента перехода на следующий участок полёта. Алгоритм расчёта полёта на следующем участке траектории аналогичен.

Блок выбора точки подлёта к траектории включает в себя выбор точки подлёта, управление БЛА по траектории подлёта, переход на выбранную траекторию после подлёта на расстояние упреждения.

Блок траектории полёта состоит из следующих элементов: расчёт траекторных координат и расстояние между ними, расчёт тригонометрических функций угла поворота и вычисление угла поворота с учётом угла пути БЛА.

Последний блок, в котором рассчитывается выходная матрица параметров, включает в себя расчёт, корректировку, фильтрацию и отображение выходного вектора параметров, который поступает на автопилот.

В основе алгоритмов были использованы пакеты программ, характеризующиеся рядом особенностей:

1. Использование языка высокого уровня (C, C++).
2. Создание специальных библиотек.
3. Возможность реализации программы в реальном времени.
4. Апробирование программы на полунатурном моделирующем стенде.

По составленным алгоритмам и написанной на их основе программе было проведено исследование, по результатам которого получено подтверждение работоспособности разработанной системы.

Программное обеспечение для обнаружения отказов автоматизированного склада при подготовке полетов

Дергунова Д.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Павлова Н.В.
МАИ, каф. 301
das-dergunova@yandex.ru

При подготовке рейса гражданских судов необходимо автоматизировать операции подготовки грузов, используемых в полете.

Паллетайзер – промышленное оборудование, предназначенное для формирования малогабаритных грузов в более крупную укладку на поддон и транспортировки крупногабаритного груза на участок обмотки. В технологической цепочке он обычно является частью завершающих линий автоматизированной упаковки. Продукция, в боксах или кейсах, поступает по входному конвейеру на стол загрузки, где толкатели формируют ряды согласно технологической схеме. Из таких рядов формируются слои, из которых, в свою очередь, создаются паллеты. Затем паллеты укладываются на поддоны. После окончания укладки очередная паллета транспортируется выходным конвейером на участок обмотки. После обматывания паллеты пленкой, продукция с помощью погрузчика направляется на склад.

Во время работы оборудования возникают отказы. Наиболее характерны 3 типа отказов:

- «Регистрация пути толкателя слоев»,
- «Контроль опорного положения толкателя слоев»,
- «Упавший кейс».

В прототипе разрабатываемой системы в автоматизированном режиме обнаруживалось первых два типа перечисленных отказов. Разработана экспертная система, которая автоматически обнаруживает все три типа отказов и выдает соответствующую информацию оператору для их устранения. Она включает базу знаний и механизм логических выводов. База знаний состоит из правил, которые используют информацию от датчиков системы контроля и в результате анализа позволяют обнаруживать отказы в реальном режиме времени.

Программное обеспечение, реализирующее систему, разработано в среде Step 7 на языках LAD и STL. Оно дополняет программное обеспечение фирмы Siemens для разработки систем автоматизации на основе программируемых логических контроллеров Simatic S7-300/S7-400 для решения этой конкретной задачи.

Проведенное моделирование подтвердило работоспособность разработанного программного обеспечения и его достаточную эффективность при обнаружении всех типов отказов.

Цифровая система управления изолированными формами бокового движения самолета

Душкина Е.П.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Белоногов В.Д.
МАИ, каф. 301
dushkinak@yandex.ru

В настоящее время помимо традиционных задач управления самолетом, таких как стабилизация угловых координат, высоты и перегрузки, интерес привлекают особые задачи точного и координированного выполнения специальных маневров, например, боковое или вертикальное перемещение самолета без изменения его углового положения в пространстве. Решение этих задач достигается, с одной стороны – использованием дополнительных органов управления, таких как переднее горизонтальное оперение, органы непосредственного управления подъемной и боковой силами; с другой стороны – организацией специальных алгоритмов управления, формирующих изолированные формы движения самолета. Эти формы движения могут быть полезными летчику при дозаправке

в воздухе, полете строем, заходе на посадку и при посадке, для точной стабилизации угла тангажа и курса, компенсации сноса боковым ветром и в ряде других более сложных задач, требующих точного управления комбинациями линейных и угловых координат.

Совместное отклонение традиционных и новых поверхностей управления позволяет изменить угловое положение самолета в пространстве без изменения траектории или изменить траекторию без изменения углового положения самолета, то есть независимо изменять положение самолета по трем угловым и трем линейным координатам.

В данной работе рассматриваются задачи построения алгоритмов управления изолированными формами бокового движения применительно к модели маневренного самолета. Показано, что при отклонении органов непосредственного управления боковой силой (НУБС) для обеспечения достаточного быстродействия системы и сохранения апериодического характера переходных процессов требуются достаточно большие передаточные коэффициенты обратных связей, вследствие чего, возникает задача обеспечения устойчивости многоконтурной цифровой системы. Это достигается посредством дополнительной установки цифровых фильтров в каналы «элероны – угловая скорость крена» и «рули направления – угловая скорость курса» и позволяет достичь значительного улучшения качества и запасов устойчивости объекта, кроме того, данные фильтры позволяют увеличивать критический коэффициент в несколько раз, без потери устойчивости.

Моделирование работы прототипа системы синтетического видения перспективных гражданских самолётов транспортной категории

Дяченко С.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Неретин Е.С.
МАИ, каф. 301
dyachenkosergey33@yandex.ru

В условиях роста требований к увеличению безопасности современных воздушных судов (ВС) и расширения функционала комплекса бортового оборудования (КБО) актуальной задачей является создание и внедрение в состав авионики гражданских самолётов ряда вспомогательных систем, обеспечивающих ситуационную осведомлённость экипажа относительно закабинной обстановки и снижающих до минимума вероятность человеческой ошибки в случае критической ситуации.

В частности, к числу таких систем относятся системы технического видения (СТВ), предоставляющие экипажу необходимую информацию об ориентации борта и окружающем пространстве в удобной для человека визуализированной форме.

Среди СТВ с точки зрения интегрирования в состав КБО наиболее предпочтительны системы синтетического видения (ССВ), не требующие установки дополнительного оборудования на самолёт и позволяющие получать 3D-изображение подстилающей поверхности с высокой степенью информативности.

ССВ обеспечивает ситуационную осведомлённость экипажа относительно окружающего пространства в процессе полёта в ночное время и в условиях низкой видимости, а также снижает нагрузку на экипаж за счёт возможности быстрой оценки пространственного положения и ориентации летательного аппарата (ЛА) относительно заданного курса полёта, рельефа земной поверхности и аэродрома.

Целью работы является моделирование работы прототипа ССВ, предназначенной для перспективных гражданских самолётов транспортной категории, на реальных географических объектах.

Программно-алгоритмическое обеспечение (ПАО), разработанное в среде моделирования MATLAB, обеспечивает:

– загрузку фрагментов цифровой модели рельефа территории Земли SRTM из сети Интернет, соответствующих полётному участку местности;

– восстановление трёхмерной модели данного участка на основе загруженных двумерных данных;

– коррекцию 3D-изображения закабинной обстановки в соответствии с изменением пространственного положения летательного аппарата.

Тестирование разработанного ПАО на контрольной серии из 50 экспериментов подтвердило его работоспособность для получения трёхмерных изображений топографических участков местности с высокой степенью информативности.

Генерируемые 3D-модели рельефа отвечают требованиям руководящего документа Р-315. В частности, при проверке выполнения требования к частоте обновления кадра (15 Гц для квадратного территориального участка со стороной 74,08 км) установлено, что в среднем восстановление трёхмерного изображения одного фрагмента занимает 0,031с. (с среднеквадратичным отклонением 0,00907с.), что соответствует частоте около 32 Гц.

Алгоритм определения взаимных координат беспилотного воздушного судна на основе технологии технического зрения

Ершов Д.Н., Комаров А.В., Изгарев А.В.
Научный руководитель – к.т.н. Лопаткин Д.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф.93
dimkaao@yandex.ru

Одним из важных направлений использования БЛА является применение БЛА в составе групп, в том числе смешанных, включающих пилотируемые и беспилотные ЛА, автономно функционирующих, но согласовано управляемых БЛА. Групповое согласованное применение БЛА может существенно повысить производительность процессов наблюдения при выполнении воздушной разведки, при наведении на цель и поиске объектов.

Автоматизация управления группой БЛА позволяет существенно повысить степень автономности БЛА, благодаря чему, увеличить вероятность выполнения задания и эффективность применения.

Автоматизация полета БЛА в группе достигается благодаря совершенствованию программно-аппаратных средств, входящих в состав системы межсамолетной навигации (СМСН) БЛА. Данные средства СМСН предполагают применение технологий, основанных на использовании отработанных методов управления и наблюдения, позволяющих организовать управление группой БЛА в автоматическом режиме.

Для решения задачи автоматизации группового полета необходимо существенно повысить точность измерения пространственного относительного положения, ведомого БЛА в группе. Для повышения точности измерения на борту БЛА необходимо иметь другие (нештатные) источники информации о текущих значениях параметров строя (дистанция, превышение и интервал) для выполнения автоматического полета БЛА в группе.

Успешным технической решением информационного обеспечения СМСН БЛА в режиме группового полета представляется система технического зрения (СТЗ) на основе оптико-электронной системы (ОЭС).

Для технической реализации измерительной системы определения параметров строя предлагается использовать в составе СМСН оптико-электронное устройство и трилатерационный метод определения положения БЛА.

В общем случае решение задачи определения параметров относительного движения ведомого БЛА с помощью оптико-электронных средств предлагается следующим образом. На ведомом БЛА предлагается разместить два оптико-локационных блока, в состав каждого из которых входит оптическая система и фотоматрица (ФМ). На фотоматрицах проецируется изображения идентичных точек ведущего БЛА, связанных с окончаниями элементов конструкции. Зная информацию о координатах идентичных точек ведущего БЛА, можно определить параметры относительного положения ведомого БЛА в группе.

Алгоритм работы ОЭС используется в программном обеспечении экспериментального комплекса «Гамма», разработанном на кафедре для исследования

бортовой СТЗ БЛА для решения задачи автоматизации группового полета. Разработка алгоритма основана на научно-исследовательских работах и изобретениях, выполненных коллективом авторов кафедры, работающих в рамках рассматриваемой научно-технической задачи.

Таким образом, использование разработанного алгоритма определения взаимных координат БЛА на основе технологии технического зрения определило перспективу практического применения оптико-электронной измерительной системы для решения задачи автоматизации группового полета и повышения безопасности полетов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 14-08-00640-а.

Акустическая система позиционирования

Иванов Г.С., Никитина А.Е.
Научный руководитель – Егоров В.В.
МАИ, каф. 909Б
gaorinlir@gmail.com

В различных областях деятельности человека часто требуется точное определение местоположения каких-либо деталей, предметов либо подвижных объектов в локальной области пространства. В настоящее время существует огромное количество систем позиционирования, основанных на различных физических принципах. Часто бывает необходимо обеспечить прецизионное (с точностью до 1 мм и выше) позиционирование на какой-то ограниченной территории, недоступной для сигналов спутниковых навигационных систем либо требующее быстрого принятия решения, что также не позволяет использовать для решения этих задач спутниковые системы.

Для решения этих задач существуют различные системы локальной навигации, в частности по сигналам базовых станций сотовой связи, WiFi, радиометкам и т.п. Было предложено решение данной задачи путем измерения расстояния от подлежащей позиционированию точки до датчиков, расположенных в точно известных местах. В качестве среды измерения выступает акустическое пространство, а измерение производится путем оценки задержки распространения звукового колебания определенной сложной структуры. В качестве основного алгоритма был взят алгоритм определения местоположения в спутниковых системах ГЛОНАСС и GPS, однако методы были перенесены на акустическую среду с учётом специфики.

После теоретической постановки задачи было проведено алгоритмическое моделирование в среде MATLab с использованием реальных излученных и записанных сигналов, показавшее теоретическую и практическую возможности оценки местоположения объекта таким методом с достаточной точностью.

Была поставлена задача разработки системы локального позиционирования, основанной на данных исследованиях. Также в постановку задачи входило прототипирование системы, где важным фактором служит простота использования системы пользователем.

Был разработан, сконструирован и смакетирован прототип устройства. Данный прототип состоит из пяти модулей, четыре из которых являются модулями записи сигналов (МЗС), а пятый – модуль-концентратор, обеспечивающий управление процессами измерения, обработку и связь со смартфоном пользователя, на котором установлено соответствующее программного обеспечение. Координаты в пространстве каждого МЗС должны быть известны при калибровке аппаратуры и установке её на объекте. По команде смартфона устройство включает запись в МЗС, а сам смартфон испускает звуковой сигнал определенной структуры. После обработки измерений по каналу WiFi на смартфон возвращаются координаты точки, откуда был испущен звук.

Ценность данного проекта заключается в обеспечении высокой точности измерений с малыми финансовыми и временными затратами. В таком ключе новым подходом можно считать применение алгоритмов широкополосной радиолокации и спутниковой навигации в оценке параметров акустических колебаний.

Данный проект может быть применен как для решения задач измерений при строительстве и ремонте, так и для оценки параметров воздуха (температуры, давления, влажности, количестве частиц загрязнений, химическом составе), для ориентации подвижных роботов в локальном пространстве с высокой точностью, в том числе роботов-погрузчиков на складе, а также для организации движения техники в зоне обслуживания самолётов в аэропорту.

Синтез алгоритмов функционирования системы автоматического управления самолета

Карева Е.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Березуев А.В.
МАИ, каф. 301
kareva.evgeniya@inbox.ru

Используя синтез алгоритмов функционирования системы автоматического управления (САУ) самолета, можно исключить летчика из контура управления, оставив за ним функции оператора и контроля работы САУ.

При синтезе структуры автопилота (режима САУ) и ее последующей параметрической оптимизации характеристики летчика не учитываем. На данном режиме полета качество управления от автопилота оценивают по переходной функции системы самолет – автопилот.

Переходная функция системы во временной области может быть определена, как обратное преобразование Лапласа от изображения переходной функции. Определение переходной функции замкнутой системы самолет – автопилот я осуществляю путем численного дифференцирования системы дифференциальных уравнений системы самолет – автопилот во временной области, подавая в качестве возмущения по координате управления ступенчатого сигнала.

Я пользуюсь методом логарифмических амплитудно-фазовых частотных характеристик (ЛАФЧХ) для дальнейшей работы с синтезом структур автопилотов и расчета передаточных чисел законов управления САУ.

В качестве требований к переходному процессу в системе самолет–автопилот используются параметры переходного процесса во временной области: время регулирования, величина допустимого перерегулирования и т.д. При расчете передаточных чисел автопилотов основной упор мною делается на обеспечение достаточного запаса по фазе на частоте среза разомкнутой системы самолет - САУ. Величина «достаточности» в значительной мере зависит от вида ЛАФЧХ.

Математическая модель движения самолета является основой синтеза структуры автопилота. При выборе математической модели движения самолета для синтеза структуры автопилота будем в дальнейшем полагать, что его конструкция является абсолютно жесткой (т.е. недеформируемой). Это позволяет рассматривать самолет при выводе уравнений его движения как твердое тело.

Благодаря выполненному синтезу многорежимных систем управления процессами и высотой полета с использованием коэффициентных методов синтеза, гарантируется устойчивость системы и качество процессов управления.

Используя жесткую настройку параметров регулятора, можно добиться практически приемлемого разброса динамических свойств системы по режимам полета.

Струйный датчик угловой скорости

Каримов А.Р., Килиманов К.А., Юнусов Н.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Кравченко Н.А.
КНИТУ-КАИ, каф. ПИИС
apach236@yandex.ru

В наше время вопрос повышения точности датчиков угловой скорости (ДУС), а также их надежности, стоит довольно остро. Требуются многокомпонентные преобразователи угловой скорости в информационный сигнал, пригодные для

использования в высоко - маневренных подвижных летательных аппаратах. Для создания ДУС с качественно новыми характеристиками, удовлетворяющими комплексу современных требований, используются различные физические принципы: вихревые, магнитные, лазерные, струйные.

Датчики, основанные на гироскопическом эффекте, получили широкое применение во многих сферах, в том числе в авиации. Однако они обладают некоторыми недостатками. К ним относятся то, что они онокомпонентны, их тяжело применить в системе управления полетом, обладают большим весом. Перечисленные недостатки не позволяют применить их в системах ориентации небольших летательных аппаратов. Стоит задача создания преобразователей угловой скорости, не уступающих по точности гироскопическим, но более легких, компактных. Данная задача решается применением ДУС, реализованном на другом физическом принципе. Возможно использование струйного ДУС.

Струйные многокомпонентные преобразователи угловой скорости обладают рядом преимуществ в сравнении с существующими образцами. Как указано выше, они имеют меньший вес и габариты. Также порог их реагирования достаточно мал, динамические показатели велики, ресурс работы большой, это связано с отсутствием в конструкции подвижных элементов. По той же причине время готовности к работе мало, быстродействие велико, а точность остается на высоком уровне.

В основе системы струйного датчика угловой скорости лежат: нагнетатель, создающий давление, формирователь ламинарной затопленной струи газа в рабочей камере, датчики скорости потока газа. Все элементы находятся в герметичной камере, наполненной инертным газом.

Принцип работы двухкомпонентного струйного датчик ДУС следующий. В начальный момент времени угловая скорость равна нулю. Поток газа, создаваемого нагнетателем в герметичном корпусе прибора, преобразуется в струю газа. Она в рабочей камере попадает в ось симметрии распределения скоростей в поперечном сечении которой должна совпадать с центром в точке, являющейся общей точкой соединения на центральной стойке взаимно перпендикулярно расположенных датчиков скорости потока газа. При таком условии средние скорости, обдувающие каждый датчик потока, должны быть одинаковы.

При появлении угловой скорости в плоскости, в которой ведутся измерения, струя газа смещается от исходного положения, что приводит к изменению величины средней скорости потока газа, обдувающего элементы определения скорости потока газа и, соответственно, к пропорциональному изменению выходных сигналов на выходе измерительной схемы.

На основании вышеизложенного материала можно сделать вывод о том, что применение струйный двухкомпонентный преобразователь угловой скорости в информативный сигнал позволяет создать ДУС, обладающий меньшим весом и габаритами гироскопического, а также метрологическими характеристиками не хуже. Такие датчики могут применяться в системах управления полета маломерных летательных аппаратов.

К вопросу о дозаправке топливом в полете перспективного военно-транспортного самолета Ил-112В

Крайников В.А., Саблин А.С., Речкин И.А.
Научный руководитель – Речкин А.Г.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф.93
Kraynikoff@mail.ru

В Воронеже на ПАО «ВАСО» начато производство легких военно-транспортных самолетов Ил-112В.

Так как данный самолет относится к военно-транспортной категории, одним из наиболее значимых параметров является дальность полета. Заявленная дальность полета с максимальной полезной нагрузкой составляет 1000 км, перегоночная дальность – 5200 км.

Существенное увеличение дальности полета возможно при применении системы дозаправки топливом в полете.

В настоящее время существуют две основные системы дозаправки топливом в полете, которые условно можно обозначить как система «телескопическая труба» (контактирование производит оператор заправщика) и система «шланг - конус» (контактирование производит пилот заправляемого самолета). Каждая из систем имеет свои преимущества и недостатки.

Так как самолет Ил-112В относится к маломаневренным, элемент контактирования будет являться для него наиболее важным и сложным с учетом того, что в нашей стране принята система дозаправки «шланг-конус».

Создание системы дозаправки топливом в полете с управляемым конусом позволит избежать основного недостатка системы «шланг – конус», сохранив при этом все ее достоинства.

Известно газодинамическое устройство управления конусом, которое состоит из четырех газовых форсунок, установленных в корпусе юбки конуса.

Более целесообразно при управлении конусом использовать отклоняемые поверхности (рули) расположенные на кожухе заправочного конуса, повышающие его устойчивость в возмущенном воздушном потоке.

Используя уравнения, описывающие движения конуса в воздушном потоке, получим, что для диапазона скоростей 500 … 700 км/ч перемещение конуса на ±5м по вертикальной оси с требуемой вертикальной скоростью достигается отклонением рулей на ±220 … 200, что свидетельствует о достаточной управляемости конуса.

Жизнеспособность данной системы управления заправочным конусом подтверждается не только приведенным расчетом, но и проведенными в дозвуковой аэродинамической трубе Т-102 ЦАГИ испытаниями управляемого конуса-датчика агрегата заправки в рамках совместных научно-исследовательских работах ФГУП «ЦАГИ» и ОАО «НПП «Звезда им. ак. Г. Северина».

Применение системы дозаправки воздушных судов в полете с использованием управляемого конуса позволит повысить уровень безопасности полетов и существенно снизить затраты на подготовку экипажей заправляемых воздушных судов.

Микропроцессорная система управления гексакоптером

Крохина Е.В., Лосев С.А., Чечулина Н.Е.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ершов С.О.
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, каф. И9
lena.krokhina.94@mail.ru, chechulina.nina@mail.ru

Система управления гексакоптером состоит из 2 частей: бортового компьютера и наземной станции управления, между которыми осуществляется непрерывный обмен информацией. Система может работать как в ручном, так и в автоматическом режимах. В ручном режиме управление БПЛА осуществляется командами, подаваемыми оператором с Земли, в автоматическом – программой, загруженной в память бортового компьютера. В обоих режимах на наземную станцию передаются текущие значения полетных параметров БПЛА. Переход с одного режима работы на другой осуществляется по команде с Земли. В случае возникновения форс-мажорной ситуации (потеря связи с Землей, опасный разряд батареи питания и др.) переход на автоматический режим производится бортовым компьютером.

Бортовой компьютер построен на базе интегрированной платы STM32F3 Discovery, в состав которой входят 32-разрядный микроконтроллер STM32F303VCT6 с ядром ARM Cortex-M4, 3-х осевой гироскоп L3GD20, совмещенная система LSM303DLHC, состоящая из 3-х осевого высокоскоростного акселерометра и магнитометра. В состав бортового компьютера также входят ультразвуковой приемопередатчик HC-SR04, GPS трекер U-blox GY-GPS6MV2, Wi-Fi адаптер TR-LINK MR3020 и веб-камера CBR CW834M.

Наземная станция управления состоит из компьютера с установленным на нем программным обеспечением Hexocopter и подключенным к нему Wi-Fi адаптером, 4-х

позиционного манипулятора Thrustmaster USB Joystick, в корпус которого вмонтированы миниатюрная плата ME-MINI-MO for STM32 на базе микроконтроллера STM32F051R8 с ядром ARM Cortex-M0 и конвертер USB-UART PL2303.

Испытания системы управления проводились на специально построенной для этой цели модели гексакоптера размером 550*230 мм. В модели использованы вентильные бесколлекторные двигатели DJI 2212 с 2-х лопастными 250 мм. пропеллерами DJI 9450. Управления двигателями осуществляется с помощью электронных регуляторов хода DJI ESC 15A.

Система управления БПЛА испытывалась: в ручном режиме при визуальном управлении и при управлении по карте с использованием передаваемых с бортового компьютера координат БПЛА и «картинки» местности; в автоматическом режиме при полете на заданной высоте по прямолинейной траектории, заданной координатами начальной и конечной точек.

Состояние вопросов повышения точности работы блока датчиков первичной информации пешеходных навигационных систем

Купоросова Е.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н., Потапов А.А.
КНИТУ-КАИ, каф. АиУ
kuporos_lena@mail.ru

Для контроля и управления действиями специалистов, выполняющих спасательные или другие работы в опасных внешних условиях, необходима информация об их текущем местоположении на территории выполнения работ. Для получения такой информации особое значение имеют методы инерциального счисления пути, позволяющие без использования не всегда доступных сигналов спутниковой навигации строить траекторию оперативного работника на опасном объекте. Блок датчиков первичной информации (ДПИ), закрепленный на человеке, должен быть малогабаритным с минимальным энергопотреблением. Этим требованиям удовлетворяют чаще всего датчики, выполненные по технологии MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems).

Однако автономной работе пешеходных навигационных систем (ПНС), свойственно значительное накопление ошибок определения местоположения объекта с течением времени из-за наличия погрешностей в сигналах ДПИ, а также в связи с проблемами, возникающими при реализации алгоритма инерциального счисления пути.

В настоящей работе приводится обзор современных методов повышения точности средств и алгоритмов ПНС и их сравнительный анализ по трем направлениям:

– методы повышения точности измерения ДПИ;

– методы повышения точности алгоритма инерциального счисления пути без использования внешней информации;

– методы повышения точности путем комплексирования нескольких ДПИ с различными принципами действия.

По первому направлению рассмотрены методы, использующие: 1) калибровку ДПИ для компенсации их систематических погрешностей, 2) дисперсию Аллана для оценки структуры и характера шумовых составляющих ДПИ, 3) оптимальную фильтрацию для компенсации шумовых составляющих ДПИ, 4) структурную избыточность ДПИ для уменьшения влияния независимых стохастических ошибок измерения наблюдаемых параметров движения.

По второму направлению рассмотрены методы, использующие: 1) эвристическое снижение дрейфа (Heuristic Drift Reduction, HDR), 2) усовершенствованное эвристическое снижение дрейфа (Improved Heuristic Drift Elimination, iHDE), 3) коррекции по нулевой скорости (Zero Velocity Update, ZUPT), 4) учет особенностей походки человека.

По третьему направлению рассмотрены методы комплексирования, использующие: 1) информацию от системы радиомаяков, 2) информацию от визуальных средств наблюдения (например, видеокамеры), 3) информацию о пройденном пути, 4) информацию о параметрах атмосферы, 5) информацию о плане улиц (зданий) по схемам

«точка-точка», «точка-кривая», «кривая-кривая», 6) информацию о напряженности магнитного поля Земли.

Результаты исследовательской работы:

– описаны разновидности методов повышения точности работы ДПИ ПНС;

– выполнен анализ ряда методов с учетом экспериментальных данных, полученных с применением модуля ADIS16405;

– выделены и проанализированы недостатки и достоинства методов повышения точности ПНС и применяемых ДПИ.

Разработка имитационной модели СУОС перспективного КА в составе КСг СККП для уточнение оценки ТТХ

Куркин М.С.
Научный руководитель – Позняков А.Ю.
3 Научная рота КВ ВКС
m-kurkin@bk.ru

Получение информации о космических объектах – сложная техническая задача. Малый размер космических объектов, высокая скорость движения для низкоорбитальных аппаратов и большая удалённость для аппаратов на геостационарной орбите сильно затрудняют их обнаружение и получение каких-либо данных.

Особое внимание уделяется системе ориентации и стабилизации КА, поскольку её характеристики являются определяющими при решении информационных задач оптическими средствами космического базирования.

В качестве базового варианта выбран следующий облик КА:

Параметры орбиты КА:

- тип ГСО;
- средняя высота 35700 км;
- эксцентриситет – не более 0,0025;
- наклонение 0 градуса;

Массово-инерционные характеристики КА:

- Масса КА не более 4600кг;
- Тензор инерции КА:

$$J = \begin{bmatrix} 3500 & -69 & 2 \\ -69 & 2100 & -21 \\ 2 & -21 & 1900 \end{bmatrix}$$

Требования к СУОС:

Погрешности ориентации связанных осей КА:

- по углу в номинальном режиме не более 0,05°;
- по угловой скорости в установившемся режиме не более 0,0005 °/с.

Система ориентации и стабилизации предназначена для поддержания требуемого положения КА вокруг центра масс. Используя в качестве исполнительных органов силовые гироскопы, на основании данных датчиков угловой скорости и положения в пространстве, она обеспечивает управление полётом космического аппарата. Точность и быстродействие СУОС является одним из ключевых факторов, влияющих на качество и возможность решения поставленной задачи.

Входными данными для модели СУОС являются:

- текущее орбитальное положение КА,
- массово-инерциальные характеристики КА,
- параметры датчиков скорости и угловых скоростей,
- характеристики исполнительных органов системы управления,
- возмущающие моменты;

Сравнительный анализ результатов моделирования работы СУОС и условий работы телескопа указывает на техническую реализуемость орбитальной платформы для установки ОЭС с принятыми параметрами, обеспечивающими, в основном, выполнение

заданных требований по точности поддержания ориентации и минимальной угловой скорости на рабочем интервале.

Полёты с увеличенным временем ухода на запасной аэродром (EDTO)

Куц К.А.
Научный руководитель – Модестов С.Б.
СПбГУГА, каф. 15
pilotkuts@outlook.com

Согласно ФАП-128 любой маршрут полёта прокладывается таким образом, чтобы в любой точке маршрута время полёта для ВС с двумя газотурбинными двигателями до запасного аэродрома составляло не более 60 минут. Данное время существенно ограничивает возможности коммерческой эксплуатации двухдвигательных ВС. Для увеличения времени ухода на запасной аэродром для двухдвигательных ВС ICAO были введены правила Extended Twin Operations (ETOPS).

Рассмотрим практику выполнения полётов по маршруту Москва – Якутск в авиакомпании «Аэрофлот – Российские Авиалинии» на ВС Boeing 737. Маршрут по кратчайшему расстоянию между этими аэродромами проходит таким образом, что время полёта до подходящего запасного аэродрома на части маршрута превышает 60 минут.

Главная проблема заключается в допуске ВС к полётам по ETOPS, т. к. аэродромы Норильск и Мирный не могут являться запасными из-за регламента их работы. Для того чтобы ВС Boeing 737 было допущено к полётам по ETOPS в сертификате лётной годности производителем самолёта указывается максимальное время полёта по правилам ETOPS. Получение сертификата ETOPS парка Boeing 737 Аэрофлота не является экономически выгодным, поэтому маршрут пролегает в пределах 60 минут полёта до подходящего запасного аэродрома.

В 2012 году ICAO ввела 36-ю поправку в Приложение 6 ICAO. Вместо понятия ETOPS введено понятие Extended Diversion Time Operations (EDTO), распространяющееся на самолёты с любым количеством газотурбинных двигателей. Главным нововведением стало введение понятия «порогового времени» ухода на запасной аэродром, утверждаемое каждым государством (возможно утверждение для конкретного типа ВС). Если время ухода на запасной аэродром превышает пороговое значение, требуется наличие специального допуска у конкретного ВС и экипажа к полётам с увеличенным временем ухода на запасной аэродром (EDTO). Данные нововведения позволяют любому государству самостоятельно утвердить пороговое время. Например, в Австралии установлено пороговое время 90 минут.

Определим необходимое пороговое время для маршрута Москва – Якутск. Для Boeing 737 утверждённая в авиакомпании приборная скорость ухода на запасной аэродром при отказе двигателя (OEI) составляет M0.76/280KIAS. На основании этой скорости определено пороговое расстояние 398 NM при пороговом времени 60 минут. Для 90 минут пороговое расстояние будет составлять 597 NM. При использовании в качестве запасных аэродромов Нижневартовск, Красноярск и Братск и времени ухода 90 минут выигрыш составит 45 минут при планировании маршрута в существующей системе маршрутов ОВД. Для порогового времени 120 минут выигрыш составит 60 минут при использовании аэродрома Нижневартовск в качестве запасного.

Таким образом, применение Стандарта ICAO в части, касающейся применения правил EDTO, даёт значительный коммерческий выигрыш авиакомпаниям РФ, в частности авиакомпании «Аэрофлот – Российские Авиалинии» по маршруту Москва – Якутск. Необходимо внести изменения в ФАП-128 в части касающиеся применения правил EDTO, а именно: ввести понятие «пороговое время» и утвердить пороговое время равное 90 минут для самолётов Boeing 737 NG, эксплуатируемых в авиакомпаниях РФ. В стандартной комплектации оборудование Boeing 737 NG позволяет выполнять полёты по правилам ETOPS до 180 минут. Рекомендуется утвердить пороговое время 90 минут и для других типов ВС, которые массово эксплуатируются в российских авиакомпаниях.

Перспективы развития навигационной картографии в задачах определения навигационно-геодезических параметров точки старта летательных аппаратов

Лупанчук В.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Зайцев А.В.
ВА РВСН им. Петра Великого, 21 НИО
vladimir.lupan4uk@yandex.ru

Уровень экономического развития, обороны и безопасности страны в определяющей степени зависит от состояния топографо-геодезического и картографического обеспечения. Именно этот вид обеспечения представляет собой межведомственный ресурс по созданию геоинформационных систем (ГИС) практически для всех силовых структур и ведомств. На уровне Правительства РФ определены наиболее важные направления в сфере развития науки и технологий в области геодезии и картографии на период до 2030 г. В списке перспективных задач топографо-геодезического и картографического обеспечения территории РФ выделены следующие:

совершенствование средств и методов получения и тематической обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и лазерного сканирования земной поверхности;

создание и развитие отечественных геоинформационных систем нового поколения, соответствующих мировому уровню развития геоинформационных технологий. Развитие основных положений и методов при решении перспективных направлений может найти отражение в получении высокоточной навигационной информации для точки старта межконтинентальной баллистической ракеты (МБР), а также в развитии методов навигационной картографии наземных транспортных средств (НТС), например, для передвижных ракетных комплексов.

Состав исходных данных в точке старта МБР, представлен в виде геодезических координат, абсолютной высоты (высота над уровнем моря), ускорения силы тяжести, уклонения отвесной линии в плоскостях меридиана и первого вертикала, превышения геоида над референц-эллипсоидом. Все необходимые параметры готовятся заблаговременно в процессе геодезической подготовки локального участка местности.

Актуальность направления основывается на автоматизации процесса получения перечисленных параметров за счет применения перспективных направлений навигационной картографии. Один из вариантов решения этого вопроса может основываться на составлении высокоточной цифровой навигационной карты (ЦНК) для НТС, которые передвигаются в пределах локального участка местности. При этом ЦНК должна нести в себе специализированную картографическую и мультимедийную информацию о передвижении НТС в пространстве. Перечислены основные особенности, которыми должна обладать высокоточная навигационная карта:

– хорошая читаемость картографической информации, так как при передвижении пользователь должен своевременно сориентироваться относительно начального положения НТС;

– передвижение НТС должно осуществляться движением картографического изображения в пределах необходимой читаемости информации;

– изменение масштаба картографической информации при уточнении окружающего пространства (многомасштабность);

– современными способами визуализации окружающего пространства – 2D, 3D и 4D (4-составляющая относится к изменению во времени текущего положения НТС относительно первоначального);

– своевременное обновление ЦНК при изменении окружающего пространства;

– наличием наряду с геодезическими координатами и высотой текущего положения НТС, еще и гравиметрических параметров (ускорение силы тяжести, уклонение отвесной линии, превышение геоида над референц-эллипсоидом), которые могут использоваться в качестве исходных характеристик для совершения пуска МБР;

– наличие и учет корреляционной зависимости между высотными и гравиметрическими параметрами равнинного участка местности.

Использование изменения отражательной способности солнечного паруса для управления его пространственным положением

Макаренкова Н.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Степаньянц Г.А.
МАИ, каф. 301
hope150392@mail.ru

В настоящий момент среди наиболее перспективных космических аппаратов выделяются те, которые позволяют обойтись без расхода рабочего тела, что увеличивает срок их эксплуатации и длительность программы полёта. Целесообразно для перемещения в космическом пространстве использовать давление солнечного света, что уже было успешно реализовано в некоторых проектах солнечных парусов. Солнечный парус представляет собой космический аппарат с зеркальной тонкой плёнкой большой площади. В процессе его эксплуатации необходимо обеспечивать определённую ориентацию паруса по отношению к солнечным лучам, что требует создания управляющих моментов. Предлагается для этого использовать изменение отражательной способности плёнки, что позволит обойтись без дополнительных затрат рабочего тела. Рассмотрена конструкция солнечного паруса, в которой форма поверхности круговой плёнки поддерживается центробежными силами, возникающими за счёт вращения центральной жёсткой вставки. Такая конструкция позволяет обеспечить высокое значение парусности – отношения площади плёнки к массе космического аппарата. Если изменять отражательную способность частей полотна солнечного паруса, можно обеспечить необходимый управляющий момент. Составлена математическая модель пространственного разворота, проведена оценка потребной энергии для данного метода. Установлено, что отклонение плёнки от плоскости жёсткой вставки, обусловленное переориентацией солнечного паруса, будет составлять незначительную величину по сравнению с радиусом плёнки.

Для обеспечения более быстрого разворота солнечного паруса с меньшими затратами энергии можно добавить в первоначальную конструкцию маховик, имеющий кинетический момент противоположный по направлению кинетическому моменту системы «жёсткая вставка – плёнка». В этом случае, при воздействии внешнего момента, возникающего за счёт нормальной составляющей силы светового давления при изменении отражательной способности плёнки, будет изменяться направление вектора кинетического момента системы «жёсткая вставка – плёнка». Солнечный парус начнёт вращаться вокруг оси, совпадающей с суммой векторов кинетических моментов элементов конструкции. При этом, вследствие возникновения гироскопического момента, отклонение плёнки от плоскости жёсткой вставки будет иметь уже более существенную величину, оказывая влияние на угловую скорость разворота солнечного паруса и позволяя не менять при дальнейшей пространственной переориентации космического аппарата отражательную способность плёнки. Это позволит сократить потребную мощность на управление. При этом сами элементы конструкции можно использовать в качестве аккумуляторов энергии, преобразуя кинетическую энергию маховика и системы «жёсткая вставка – плёнка» в электрическую. Составлена система уравнений пространственного разворота солнечного паруса, проведена оценка потребной энергии для данного метода.

Моделирование управления воздушным судном в условиях угроз, определенных в нечетких множествах поражающих факторов

Максименко О.А., Чурсин Г.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Куклев Е.А.
СПбГУГА, каф. 6
mechanic_6@mail.ru

Рассматривается применение при управлении воздушным движением (*УВД*) самолетов риск-ориентированного подхода по *ИКАО* для формирования проактивных (предупредительных) управляющих воздействий на систему *УВД*, обеспечивающих уменьшение рисков возникновения негативных последствий и повышение шансов

выживания при неопределенности информации об опасных ситуациях. Вводится новое понятие «риска» (по *NASA*) как «меры прогнозируемой опасности» или вреда при определённой угрозе для безопасности авиационных и технических систем при оценке критичности обнаруженных путей, ведущих к катастрофе при нерасчетных условиях эксплуатации воздушных судов. Логико-вероятностный анализ структуры дискретного пространства исходов и метод вероятностного анализа безопасности (ВАБ) в основном отвергаются ввиду малой достоверности результатов при вероятностях событий «почти-ноль». Принимается за основу метод поиска и обнаружения в системе дискретных состояний с потерей «признаков функциональности» («отказов») на нечетких подмножествах событий из Б–алгебры событий в функциональном пространстве исходов.

Применяется способ взвешивания «рисков и шансов» по *Fuzzy Sets* на нечетких подмножествах поражающих факторов угроз. Изучается дерево событий по *FMEA*. Составляются «уравнения катастрофы» в соответствии со структурой дистрибутивной решетки состояний. Выявляются сценарии и цепи событий, ведущих к катастрофе, на основе «уравнения катастрофы» по правилам алгебры логики без применения вероятностных показателей. Установлены взаимосвязи факторов опасности в типовой задаче теории операций в конфликте 2-х сторон А и Б для каждой из обнаруженных угроз. Поиск кратчайших путей к катастрофе производится на основе булевой решетки без вероятностных показателей значимости обнаруженных путей, без математических ожиданий, дисперсий, без ф.п.р.в. (функций плотности распределения вероятностей) и др. параметров гауссовых моделей при неопределенности информации и недостоверной статистике о редких событиях таких, как возможное уничтожение высоконадежного объекта типа *СУ-24* (в Сирии – по интернету). Выявлены множества прогнозируемых операций и действий, при которых, если бы они были реализованы заранее, можно было бы предотвратить на основе полученных расчетов ошибки при *УВД* и не допустить гибели воздушного судна *СУ-24* от ожидаемой атаки истребителя *F-15*.

Подход применим в системах организации воздушного движения (ОрВД) при планировании воздушного пространства в ГА (гражданской авиации) РФ и для управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) по каналам радиоуправления. Удается оценить возможности аварии и гибели «Шатлов» типа «Челенджер», «Колумбия», а также возможности возникновения терактов в «Шарм-эль-Шейхе» с ВС РФ типа «Аэрбас» в рамках противодействия терроризму на основе «теории управляемого хаоса». Моделирование полетов ВС в системах ОрВД состоит в имитации динамических процедур смены дискретных состояний системы без метода Монте-Карло.

Внедрение перспективной системы навигации в типовую конструкцию отечественного серийного широкофюзеляжного дальнемагистрального самолета

Мезенцев С.Е.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Силуянова М.В.
МАИ, каф. ТППДЛА
dolphin_84@bk.ru

В связи с увеличением интенсивности воздушного движения в мировом воздушном пространстве директивами ICAO и Глобальным аэронавигационным планом установлено внедрение на воздушных судах гражданской авиации навигации, основанной на характеристиках PBN. При этом предусмотрено поэтапной внедрение требований в различных регионах земного шара. В случае не выполнения воздушным судном требований к оборудованию в конкретном воздушном пространстве полет, посадка и другие этапы полета будут запрещены службой ОрВД в данном регионе.

Концепция PBN основывается на требованиях к бортовому и наземному авиационному оборудованию, которые определяются параметрами точности, целостности, непрерывности и функциональных возможностей.

Требования PBN направлены на решение следующих задач: повышение эффективности использования воздушного пространства, в том числе снижение шума, топливная эффективности, сокращение задержек в воздушном пространстве и аэропортах

с высокой плотностью движения, повышение безопасности полетов за счет повышения точности навигационного оборудования и снижение нагрузки на экипаж и службы УВД.

Совершенствование навигационной инфраструктуры, доработка технических средств ОрВД, уточнение нормативно-правой базы потребует: модификации вспомогательных средств ОВД, модификации системы передачи обработанной плановой информации в системе ОВД центров ОрВД и выпуска новых директивный документов и обновление уже существующих касающихся организации воздушного движения.

Для расширения ожидаемых условий эксплуатации серийного ШФДМС выполнение полетов при действии нормативов навигации, основанной на характеристиках необходимо выполнить доработку бортового радиоэлектронного оборудования самолета, установить дополнительное оборудования, обеспечивающие повышенные точностные показатели и показатели надежности. Также необходимо обновить программное обеспечение вычислителя самолетовождения, вычислительной системы управления полетом и тягой, систему электронной индикации и комплексной информационной системы сигнализации. Получение одобрения в сертифицирующих властях потребует проведения большого объема сертификационных наземных и летных испытаний, для подтверждения выполнения требований PBN в различных регионах земного шара.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что типовая конструкция отечественного серийного ШФДМС при условии незначительной модернизации обеспечит выполнение всех международных, современных навигационных требований.

Литература:

1. Силуянова М.В., Мезенцев С.Е. Система нейтрального газа фюзеляжного топливного бака самолета-заправщика // В сборнике: Фундаментальные и прикладные науки сегодня. Материалы X международной научно-практической конференции: в 3-х томах. 2016. С. 88-89.

2. Силуянова М.В., Мезенцев С.Е. Анализ тактико-технических характеристик широкофюзеляжных самолетов и перспективы развития самолета Ил-96-400М // В сборнике: Академическая наука – проблемы и достижения. Материалы X международной научно-практической конференции: в 2-х томах. Научно-издательский центр «Академический». 2016. С. 76-78.

Предпосылки создания ЭС для выбора электронного полетного планшета электронной информационной системы EFB для летного экипажа воздушного судна

Марценюк Е.А., Мельничук А.В.
Научные руководители – профессор, д.т.н. Судаков В.А., доцент, к.т.н. Романов О.Т.
МАИ, каф. 302
elena.marceniuk@gmail.com

В настоящее время стандартный набор навигационных приборов бортовой системы воздушного судна (ВС) не позволяет членам лётного экипажа оперативно получать информацию, особенно в критических ситуациях, которая хранится на бумажных носителях в виде набора документов, находящихся в кабине.

Для повышения скорости и эффективности поиска членам лётного экипажа нужной информации в настоящее время находит внедрение на ВС электронной информационной системы Electronic Flite Bag или EFB. Эта система, как определено в документе ICAO «Doc 10020. Руководство по электронным полетным планшетам (EFB)», состоит из оборудования и прикладных программ и позволяет летному экипажу выполнять функции по хранению, обновлению, отображению и обработке данных, применяемых при выполнении полета или обязанностей, связанных с полетом.

Согласно с документом ICAO «Doc 10020. Руководство по электронным полетным планшетам (EFB)» аппаратное обеспечение EFB может быть переносным, либо стационарно установленным, т.е. является частью конфигурации ВС.

Аппаратное обеспечение переносного EFB - это электронное устройство, представляющее собой планшетный компьютер (ПК), в который внесена вся информация, хранящаяся на борту ВС на бумажных носителях.

В настоящее время на рынке представлено большое количество разнообразных моделей ПК, которые можно использовать в качестве EFB.

Развитие этого рынка и нормативной базы, регламентирующей одобрение и использование ПК в качестве EFB, приводит к тому, что перед эксплуатантом ВС на этапе разработки плана внедрения EFB возникает проблема выбора наиболее рациональной модели ПК.

Подход к решению этой проблемы может быть основан на применении принципов построения систем искусственного интеллекта и их реализация в виде экспертной системы (ЭС). Ее структура включает базу знаний (БЗ), базу данных (БД) с перечнем рассматриваемых ПК и текущим состоянием процесса поиска решений, решатель, реализующий механизм логического вывода, блок объяснений, диалоговый компонент и компонент приобретения знаний.

Важнейшими элементами структуры такой ЭС являются БЗ. Для построения БЗ был проведен опрос отечественных и зарубежных эксплуатантов ВС различных категорий. Обработка результатов этого опроса позволила определить структуру БЗ в виде системы продукций, построить «дерево решений» для выбора наиболее рационального варианта ПК.

На этом материале была проведена проверка возможностей реализации рассмотренных предпосылок создания ЭС. Разработан прототип БЗ для ЭС и программа работы с ней.

В дальнейшем, предполагается доработка прототипа БЗ и дерева решений в направлении их расширения и формирования «гибридной ЭС». Такая гибридная ЭС должна являться важным элементом системы поддержки принятия решений (СППР) эксплуатантом ВС и использовать некоторые правила вывода, которые не являются результатом опроса экспертов, а основаны на выполнении определенных расчетных процедур, например, связанных с учетом особенностей эксплуатации ВС.

Алгоритмы управления беспилотным летательным аппаратом гражданского назначения

Меркулов Г.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Павлова Н.В.
МАИ, каф. 301
merkulov.gleb@yandex.ru

Доступность и сравнительно низкая стоимость современных гражданских беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) обусловила возникновение все более широкого круга задач, которые перед ними ставятся. Среди этих задач аэрофотосъемка с целью оперативной диагностики объектов промышленности, таких как линии электропередач, нефте- и газотрубопроводы, теплотрассы, котельные и объекты сельского хозяйства. Использование БПЛА для решения этих задач позволяет снизить затраты на проведение таких процедур, увеличить частоту проверок, уменьшить вероятность аварии, существенно расширить область осмотра.

Для решения задач диагностики крупных промышленных объектов компания ООО «Авиатэкс-Каскад» и Московский Авиационный Институт (научно-производственный комплекс вычислительной техники и информатики) разработали мультироторный БПЛА МП-2. Ключевой задачей, обеспечивающей экономическую эффективность применения мультироторного БПЛА, была разработка системы автоматического управления (САУ), которая позволяет ЛА выполнить полет по заданному маршруту. В НПК ВТИ был разработан прототип такой системы управления.

С целью повышения точности и надежности САУ в Отделе Автоматизации Эксперимента МАИ (ОАЭ, бывш. НПК ВТИ) принято решение о модернизации автопилота. В работе предлагается модифицированный вариант САУ траекторным движением мультироторным БПЛА на основе внешней системы угловой стабилизации. Модификации подверглась аппаратная и программная часть автопилота. Усовершенствована бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ) за счет

использования двух микропроцессоров, работающих как вычислительная сеть. Между процессорами разделены функции по получению информации от датчиков, выработке управляющих воздействий, записи телеметрической информации на внешнюю карту памяти и передаче основных параметров полета на наземную станцию управления по радиоканалу. Обмен данными между микропроцессорами организован через высокоскоростной последовательный асинхронный интерфейс (UART). С помощью блока акселерометров и гироскопов введены элементы инерциальной навигации с алгоритмами коррекции по сигналам спутниковой навигационной системы. Обработка информации от датчиков инерциальной навигационной системы в сочетании с математическими алгоритмами фильтрации позволяет получить почти лишенную задержек информацию о траекторном движении БПЛА. Разработанные алгоритмы управления разделены на алгоритмы верхнего системного уровня и среднего функционального уровня. Первые определяют режим полета и стратегию использования измерительных устройств. Вторые отвечают за формирование эталонного прохождения заданной траектории с учетом ограничений на динамику БПЛА и выработку управляющих воздействий мимнимизирующих отклонение движения объекта управления от эталонного. Кроме того, в управлении участвуют алгоритмы нижнего динамического уровня, отвечающие за устойчивость и управляемость БПЛА. Они реализованы во внешней системе угловой стабилизации.

Контрольное моделирование, подтвердившее эффективность принятых решений, проведено в среде MATLAB. Предполагается проведение летных испытаний.

Разработка методик исследования структуры полимерных материалов, применяемых в приборостроении. Полимер-полимерные смеси

Муталова Р.Ф.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Сагитова Е.А.
ИОФ РАН
41615nerenata@gmail.com

Расплавные смеси полиэтилена (ПЭ) и изотактического полипропилена (ПП) имеют большой потенциал использования в промышленности благодаря относительно невысокой себестоимости и широким возможностям модификации свойств исходных полимеров при небольшом изменении технологии создания смеси. ПЭ и ПП являются несовместимыми полимерами с сильно отличающимися температурами плавления/кристаллизации и скоростями кристаллизации. Поэтому структура и свойства таких смесей зависят не только от содержания и свойств исходных полимеров, но и от условий приготовления. Например, в зависимости от условий охлаждения макромолекулы изотактического ПП могут образовывать различные полиморфные модификации со степенью кристалличности, меняющейся в широких пределах.

Традиционные методы исследования структуры полимеров, такие как дифференциальная сканирующая калориметрия и рентгеноструктурный анализ, позволяют изучать структуру только кристаллических областей. Однако структура некристаллических областей оказывает значительное влияние на свойства материала, например, на механические. Поэтому в настоящее время актуально развитие методов структурного анализа, позволяющих детально охарактеризовать структуру некристаллической фазы полимерного материала.

Именно таким методом является спектроскопия комбинационного рассеяния (КР) света. Спектроскопия КР - высокоинформативный и неразрушающий метод исследования структуры полимерных материалов, который не требует никакой предварительной подготовки проб. Этот метод позволяет охарактеризовать химический состав полимеров и содержание компонентов в смесях, конфигурационное состояние молекул, конформационный состав некристаллических областей, фазовый состав (в частности, степень кристалличности и наличие различных кристаллических модификаций), ориентационный порядок макромолекул отдельно для кристаллических и для некристаллических областей, содержание различных химических групп, появляющихся, в

том числе, при старении и деградации материала. При анализе, так называемых, мод регулярности макромолекул можно определить содержание и распределение по длинам конформационно упорядоченных последовательностей звеньев мономеров. Кроме того, спектроскопия КР является очень эффективным методом исследования структуры различных наполнителей для полимерных композитов (в частности, углеродных и алюмосиликатных), которые используются для модификации свойств смесей ПЭ/ПП в современных разработках.

В представляемой работе изучаются спектры КР расплавных смесей изотактического ПП и двух видов ПЭ – низкой плотности и высокой плотности. Предложен метод определения содержания ПЭ и ПП в смеси по отношению интегральных интенсивностей линий КР. Показано, что степень кристалличности и конформационный состав ПЭ и ПП в смеси зависят как от технологии ее получения, так и от содержания и структуры исходных полимеров. В частности, установлено, что степень кристалличности каждого полимера в смеси уменьшается с уменьшением содержания этого полимера. Этот результат подтвержден при исследовании смесей методом дифференциальной сканирующей калориметрии.

Синтез грубой системы управления самолётом по углу рыскания

Мустафаев А.Э., Мхитарян А.Р.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Лащев А.Я..
МАИ, каф. 301
aslanbek.mustafayev@gmail.com

В настоящее время всё острее ощущается необходимость в построении систем управления объектами, функционирующими при действии координатных и параметрических помех. Известно, что такие задачи наиболее успешно решаются с помощью адаптивных и грубых (робастных) систем управления. При этом предпочтение в последнее время получили грубые системы. В данной работе рассматривается задача построения системы управления самолётом по углу рыскания.

Заданы: структура самолёта как объекта управления в виде нестационарного неустойчивого дифференциального уравнения второго порядка, структура исполнительного устройства в виде дифференциального стационарного уравнения первого порядка с известными параметрами и диапазоны изменения параметров дифференциального уравнения объекта управления – самолёта. При этом измеряются угол рыскания и скорость его изменения.

Ставится задача построения устойчивой системы управления с желаемыми переходными процессами. К недостаткам грубых систем относят то, что в них информация об отклонении от номинального режима, для которого они спроектированы, не используется для формирования управления. Для исключения этого недостатка синтезируется новый тип систем – грубых систем с коррекцией управления. Процедура синтеза грубой системы содержит два этапа.

На первом этапе формируется сигнал управления в функции отклонения выходов основного контура управления (ОКУ) и эталонной модели (ЭМ). При этом ОКУ состоит из последовательно соединённых регулятора, исполнительного устройства и объекта управления, а ЭМ – из последовательно соединённых модели исполнительного устройства и эталонной модели объекта управления. На входы ОКУ и ЭМ поступает сигнал задания системы. На выходе ЭМ формируется желаемый переходный процесс.

Далее выбирается знакоопределённая функция Ляпунова как функция отклонения выходов ОКУ и ЭМ. Затем методом покомпонентного формирования управления ищется управление из условия отрицательности полной производной функции Ляпунова по времени, которое и формируется на выходе регулятора. Сформированное таким образом управление содержит интегральную составляющую от отклонения выходов ОКУ и ЭМ, которое обеспечивает астатизм первого порядка в ОКУ. Таким образом, выходы ОКУ и ЭМ будут равны. Это означает, что помехи, действующие на самолёт, будут скомпенсированы, т.к. на ЭМ они не действуют.

Теперь на втором этапе синтеза грубой системы необходимо обеспечить интервальную устойчивость системы в указанных диапазонах изменения параметров объекта управления. С этой целью воспользуемся теоремой Харитонова и выберем соответствующий коэффициент усиления в выражении для синтезированного управления, входящего в состав полиномов Харитонова, составленных из характеристического уравнения грубой системы.

На этом процедура синтеза грубой системы с коррекцией управления закончена. Результаты моделирования синтезированной грубой системы с коррекцией управления показали работоспособность системы управления самолётом по крену.

Построение и анализ фильтра Калмана для оценивания фазовых координат бокового движения самолета с условно недеформируемым крылом

Нгуен Тхань Шон
Научный руководитель – Рыбников С.И.
МАИ, каф. 301
thanhson0410@gmail.com

При управлении движением самолета, для получения точных сигналов обратной связи и устранения влияния шума, должно использоваться большее количество датчиков. Однако, большое количество переменных состояния, обратных связей, типов датчиков в системе делает систему громоздкой, увеличивает ее стоимость и массу. Вопрос заключается в том, чтобы контролировать все переменные состояния без использования нескольких датчиков. При проектировании наборов наблюдений переменных состояния, мы можем оценить сигнал состояния ответа без использования нескольких сигналов. Фильтр Калмана обеспечивает оптимальное решение такой задачи.

В данном работе рассматриваются фильтры Калмана для оценивания фазовых координат бокового движения самолета с условно недеформируемым крылом для трех вариантов автопилота:

- автопилот крена,
- автопилот курса при управлении курсом через канала крена,
- автопилот «полной» модели бокового движения ЛА.

Для решения выше указанных задач, необходимо синтезировать фильтры Калмана и оптимальные регуляторы. Фильтр Калмана построен с учетом случайного шума в сигналах переменных состояниях. Он содержит модель расширенного объекта, эталонную модель и обратную связь по рассогласованию их сигналов. Часть переменных состояний расширенного объекта оцениваются наблюдением без прямых измерений. Для синтеза наблюдателя Канмала, определяются матрицы коэффициентов обратной связи фильтра L с помощью уравнения Риккати. Синтезируем оптимальный регулятор с учетом необходимости обеспечить компромисс между минимально возможным отклонением контролируемых выходов (угол скольжения, угол курса и крена) от номинальных значений и ограничениями по мощности управляющих агрегатов (рулей элерона и направления). С этой целью в критерий оптимальности вводят величину, характеризующую управление. Задача оптимизации состоит в том, чтобы найти совокупность векторов управляющих воздействий, обеспечивающих минимум критерия по ошибки оценивания P: $u(t) = -Kx(t)$ где x^(t) - оценка вектора переменных состояния системы, полученная с помощью фильтра Калмана, K - матрица коэффициентов оптимального управления.

Объединяя объект, фильтр Калмана и оптимальный регулятор, получим ЛКГ регулятор, обеспечивающий фильтрацию шумов измерений входных сигналов объекта. Применение фильтра Калмана для наблюдения состояния не только снижает громоздкость но и повышает точности системы.

Особенности алгоритмического обеспечения бортовой системы с расширенными функциями видения в условиях загазованности внешней среды

Первой С.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Кудрявцев П.С.
МАИ, каф. 301,
vitalime94@gmail.com

Одним из факторов обеспечения безопасности транспортных воздушных перевозок является информационная поддержка экипажей ВС в течении всего полета, в том числе для режимов взлета, посадки и рулежки по взлетно-посадочной полосе (ВПП) в условиях плохой видимости. Важное значение в решении этой проблемы отводится бортовой системе улучшенного и искусственного видения закабинной обстановки. В общем случае, представляемое для экипажа изображение должно в максимальной степени правдоподобности отражать трехмерный вид закабинного пространства с изменяемой, в процессе движения ВС, глубиной обзора. Кроме того, такая бортовая система должна также обеспечивать автоматическое распознавание и формирование синтезированных визуальных сигналов для обозначения опасных ситуаций, в том числе таких, как столкновение с землей или наличие препятствий, например, в виде подвижных объектов. Однако, при наличии загазованности окружающей среды (наличие дыма, тумана и прочее) происходит, как уменьшение дальности видимости объектов, так и уменьшение яркости и/или цветности отраженного света из-за его рассеивания. Для решения проблемы корректного восстановления визуального описания закабинной обстановки и ее представления экипажу ВС часто используют оптико-электронные датчики различных спектральных диапазонов и развитую систему обработки видеоинформации в реальном масштабе времени.

В данной работе обсуждается алгоритмическое обеспечение для решения следующих задач:

– комплексирование видеоизображений, получаемых от сенсоров различных спектральных диапазонов;

– методы улучшения и восстановления видеоизображений оптического диапазона в условиях загазованности окружающей среды различного типа загрязнениями;

– способы выявления и распознавания основных дескрипторов опорной траектории полета ВС для этапов взлета и посадки с целью формирования управляющих символьных меток на экране ИЛС.

Наибольшую вычислительную сложность имеет задача совмещения изображений, получаемых от сенсоров видеоинформации, с изображением виртуальной модели местности, получаемым на основе анализа цифровой карты местности с учетом навигационных данных, текущих координат местоположения и углов позиционирования линий визирования оптико-электронных сенсоров.

Для компенсации влияния загазованности окружающей среды и улучшения качества получаемого изображения используют, как методы множественных изображений, так и методы улучшения единичного изображения. Наиболее важными для оценки позиционирования ВС относительно ВПП являются методы, позволяющие улучшать оценки глубины характерных точек наблюдаемой сцены.

Для решения задачи формирования управляющих символьных меток используется два способа.

Первый способ связан с построением меток требуемой траектории полета на основе сигнала ошибки, получаемого сравнением желаемого расположения наблюдаемой зоны на изображении и реальным представлением видимой зоны карты местности на каждом текущем кадре видеоряда. Такое управление называется, как следящее визуальное управление (IBVS - управление). Второй способ предполагает, что наблюдаемый объект имеет некоторую геометрическую структуру, между точками которой имеются некоторые заданные соотношения, которые должны сохраняться в процессе движения ВС. Такое управление называется, как позиционное визуальное управление (PBVS - управление).

Измерение температуры газов в авиационном газотурбинном двигателе

Петрухин О.М., Смирнов П.В., Черных Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н., Цой А.А.
КНИТУ-КАИ, каф. ЭО
polo.96@yandex.ru

Во время полета для корректной работы многих бортовых систем (противопомпажная система, турбостартер, бортовой регистратор, система информирования летчика о включении форсажного режима) требуется измерять значение температуры газов за турбиной и в форсажной камере газотурбинного двигателя. Измерения требуется производить с достаточно высокой точностью. Для выполнения поставленных задач используется термоэлектрический термометр.

При измерении температуры газов, движущихся с большими скоростями, возникают погрешности, обусловленные торможением потока в зоне датчика и переходом при этом кинетической энергии в тепловую. В результате температура термопреобразователя будет выше статической температуры газа. При движении воздуха со скоростью 300 м/с эта разница может составлять примерно 40°С. Для сокращения разницы температур максимально возможно стабилизируют воздушный поток.

При стабилизации потока термопреобразователь представляет собой изолированную никелевую проволоку, намотанную на медный цилиндр, и помещается в узкое сечение сопла Лаваля. При числе Маха>0,5 скорость течения воздуха в критическом сечении сопла установится практически постоянной и равной местной скорости звука в воздухе. Недостаток данного метода заключается в том, что при малой скорости полета, скорость потока в критическом сечении будет дозвуковая и будет зависеть от скорости полета, что приводит к снижению качества измерения температуры.

В связи с этим предлагается следующий способ: термопреобразователь (термопара) помещается в продольно обтекаемую камеру торможения. Камера торможения представляет собой жаропрочный корпус, внутри которого термоизолятором закреплен термопреобразователь. Корпус имеет одно отверстие малого диаметра и одно или два большого диаметра. Набегающий газовый поток попадает в камеру через отверстие большого диаметра, тормозится там, медленно обтекая термопару, и выходит через отверстие малого диаметра. Непрерывный поток газа внутри камеры будет обеспечивать хороший теплообмен между газом и термопреобразователем, что, в свою очередь, обеспечивает малую инерционность изменения температуры. Это важно в быстродействующих системах автоматического регулирования. Коэффициент торможения потока при этом будет иметь постоянное значение, равное 0,92 – 0,95, при отношении входной и выходной площадей отверстий не менее 5. Чем стабильнее и ближе к единице коэффициент торможения, тем лучше считается датчик.

По сравнению с предыдущим способом при малой скорости полета как и при остальных скорость потока в критическом сечении не будет зависеть от скорости полета летательного аппарата, что не приведет к снижению качества измерения температуры.

Определение ориентации камеры по изображению железнодорожного полотна

Попов А.Н.
Научный руководитель – д.т.н. Садеков Р.Н
МАИ
nefto.ru@gmail.ru

Калибровка камеры является важнейшей задачей при использовании систем технического зрения. Камеры, используемые в приложениях, которые требуют восстановления объекта или взаимодействия с окружающим миром, должны быть откалиброваны.

Калибровка камеры – это процесс нахождения внутренних и внешних параметров камеры по получаемому с нее изображению или уже, отснятому ей.

Правильно проведенная калибровка позволяет определить положение камеры в пространстве, получить трехмерные координаты и ориентацию объектов снятых данной камерой.

Камера характеризуется параметрами, которые описывают её геометрические свойства и расположение.

Параметры, зависящие от используемого устройства, называются внутренними. Зная их можно производить преобразование из системы координат камеры в систему координат изображения.

Калибровка камеры подразделяется на внешнюю и внутреннюю. Камера считается откалиброванной, когда определены внутренние и внешние параметры.

Существует большое количество подходов к проведению калибровки, основанных на поиске:

- соответствий между n точками изображения и n- точками объекта PnP;
- соответствие линий (границ) объекта PnL;
- соответствие углов (границ) и объекта PnA.

Сравнительный обзор наиболее распространённых методов калибровки камеры с оценкой точности опубликован Салви и др. Наиболее точными и современными являются следующие методы калибровка камеры Тсай с большим количеством параметров камеры, метод авто-калибровки Жана-Яве Буке

В методе Тсай, модель камеры учитывает радиальную дисторсию (искажение изображения в результате не идеальности параболической формы линзы). Для данного метода существует три типа тест-объектов, Первый тип: одно изображение плоского тест-объекта. Второй тип: несколько изображений плоского тест-объекта. Третий тип: одно изображение трехмерного тест-объекта

Метод авто-калибровки Жана-Яве Буке был предложен в 2010 году, он предложил программу калибровки, написанную в среде MatLab. Тест-объектом в данном методе является шахматная доска с контрастной рамкой.

Самая распространенная модель камеры, камера-обскуры, формирует изображение с помощью проективного преобразования из трехмерного евклидова пространства на плоскость изображения.

Проективное преобразование заключает в невырожденном линейном преобразовании однородных координат камеры, в мировую систему координат.

С точки зрения практики проведение внутренней калибровки осуществляется в лабораторных условиях, а параметры внешней калибровки должны быть определены на объекте. Как правило, измерение вектора переноса не представляет особых проблем, а определение ориентации камеры по отношению к внешней системе координат является трудоемкой операцией.

В случае размещение камеры в голове поезда, определение ее ориентации может быть осуществлено с использованием наблюдаемого рельсового пути. При этом калибровка камеры сводится в выполнении следующих операций:

1. Получение внутренних параметров камеры.
2. Преобразование исходного изображения в полутоновое.
3. Исключение из изображения участков не содержащих, требуемых объектов (рельсов).
4. Подбор перебором недостающих внешних параметров камеры. Из известных соотношений можно установить, где располагались бы рельсы при определенных параметрах (их координаты в пикселях), мы получаем список координат прямой (рельсов) на изображение при определенных внутренних параметрах. Сравнивая количество черных и белых пикселей на координатах из полученного вычислениями списка, мы получим требуемые параметры. Процент черных пикселей по отношению к общему количеству пикселей в данном списке должен быть максимален, советующий набор, внутренних параметров и примем за решение задачи внутренней калибровки.

Анализ и разработка перспективной схемы комплексирования различных навигационных систем

Ражапов Г.Г.
Научный руководитель – к.т.н. Ницак Д.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА»
rgaziz@mail.ru

Тенденция развития навигационных систем показывает, что основными требованиями к ним являются точность определения координат, скрытность, помехоустойчивость и возможность автономной работы. Современные достижения электроники позволяют решить данные проблемы и достичь максимально возможных результатов. Для дальнейшего развития данного направления на смену пришли комплексные навигационные системы, которые благодаря структурной схеме интегрирования и алгоритму комплексной обработки навигационных данных с разных навигационных датчиков позволило улучшить уже достигнутые результаты.

В данной работе исследуются спутниковые навигационные системы, инерциальные навигационные системы и системы навигации по геомагнитным и геофизическим полям Земли, а также рассматривается возможность их комплексирования в интересах повышения точности определения координат, увеличения времени автономной работы комплексной системы при решении навигационных задач и улучшение помехозащищенности навигационных данных.

Спутниковые навигационные системы имеют глобальный характер, благодаря чему навигационная аппаратура потребителей имеет значительно меньшую себестоимость и возможность использования в любой точке Земли. Но данная система дает малую помехозащищенность передаваемых навигационных данных.

Инерциальные навигационные системы позволяют полностью защитить навигационные данные от внешних помех и обеспечивают автономную работу. Большим недостатком является необходимость постоянной коррекции всей системы с течением времени и зависимость точности определения координат от внутренних помех инерциальных датчиков.

Системы навигации по геомагнитным и геофизическим полям имеют схожий принцип обработки навигационных данных. Данная система навигации обеспечивает полную защищенность от внешних помех и скрытность. Но точность определения координат полностью зависит от точности карты эталона, загруженного в аппаратно-программный комплекс.

По результатам сравнительного анализа видно, что каждая навигационная система позволяет решать недостатки остальных систем. Связи с чем рассматривается возможность их комплексирования, что позволит сохранить преимущества каждой навигационной системы и уменьшить влияние недостатков. На сегодняшний день существуют большое количество вариантов комплексирования навигационных систем. Наибольшее распространение нашли интегрирование спутниковых и инерциальных навигационных систем. Данный вариант комплексирования привело к появлению нескольких типов схем интегрирования: глубокоинтегрированной, разомкнутой, слабосвязанной, тесносвязанной по входам и тесносвязанной по выходам. Наиболее эффективным является тесносвязанная схема, интегрированная по входам. Данный тип схемы позволяет получить высокие показатели требуемых навигационных параметров без внесения существенных изменений в аппаратно-программную часть каждой навигационной системы. Принимая во внимание данное преимущество этой схемы, на ее основе была разработана новая схема комплексирования четырех навигационных систем. Интегрирование навигационной аппаратуры потребителей спутниковой навигационной системы, инерциальной навигационной системы и системы навигации по геомагнитным и геофизическим полям позволит получить комплексную систему, которая будет полностью защищена от воздействия внешних помех искусственного и естественного происхождения, а также будет иметь возможность скрытности и автономности работы. Возможность отдельной обработки навигационных сигналов с разных навигационных

датчиков позволит улучшить точность определения координат, а комплексная обработка обеспечит помехозащищенность и скрытность, за счет взаимного дополнения каждой системы друг-другом.

Таким образом, разработанная схема комплексирования даст возможность улучшить требуемые навигационные параметры за счет преимуществ каждой навигационной системы по отдельности без внесения существенных изменений в аппаратно-программную структуру каждой системы. Это позволит использовать продукцию разных фирм разной ценовой категории.

Двумерная маршрутизация группового полета двух ЛА

Румакина А.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Лебедев Г.Н.
МАИ, каф. 301
a_rumakina@mail.ru

В настоящее время задача планирования маршрутного полета сводится к процессу поочередного облета пунктов наблюдения. С помощью двух и более летательных аппаратов возможно сократить время выполнения поставленной задачи или же за заданный промежуток времени облететь большее количество пунктов. При одиночном полете задачу маршрутизации часто решают известным способом ветвей и границ, но при координированном полете двух летательных аппаратов необходимо учитывать критерии безопасности полета при сближении, возможность пересечения маршрутов, штрафы.

Ставится задача формирования двух маршрутов (имеющих общие точки начала и конца) из множества заданных неподвижных пунктов наблюдения для двух летательных аппаратов, летящих на одной высоте, таким образом, чтобы все пункты наблюдения были обслужены один раз одним летательным аппаратом, а суммарная длина маршрутов была минимальна.

Для решения поставленной задачи, как и в методе ветвей и границ, анализируется матрица расстояний, но в отличии от классического варианта, в данной постановке задачи необходимо рассматривать две матрицы для каждого маршрута. Также добавляется дополнительный столбец для каждой матрицы маршрутов, в который записываются координаты «центров притяжения» треугольной модели апроксимации траектории полета. Затем на каждом шаге расчёта выбирается матрица (поочередно из принципа равноправия), находится элемент минимальной длины, выясняется к какому маршруту полученный элемент «ближе» и он включается «ближайший» маршрут, не зависимо от того матрица какого маршрута рассматривается. Затем в матрицах убираются «отработанные» элементы, строки и столбцы. Таким образом, матрицы все время будут уменьшаться. Если элемент минимальной длины находится примерно на равном расстоянии до обоих маршрутов необходимо провести дополнительные вычисления, используя дополнительный критерий близости к самой траектории полета.

Предложенный метод отличается от метода ветвей и границ тем, что анализируются две матрицы, решается к какому маршруту добавить очередной элемент минимальной длины, возможно совсем исключив его из маршрута движения во избежание пересечений.

Автоматизация процесса формирование единого носителя в режиме реального масштаба времени

Соколов В.В.
Научный руководитель – Тимошенко А.А.
Филиал «Восход» МАИ, каф. Б22
soulyangor@gmail.com

Одной из важнейших задач при запуске современных летательных аппаратов (ЛА) является отслеживание состояний агрегатов и систем ЛА в режиме реального масштаба времени (РМВ) во время полёта, для формирования заключения о работе изделия и своевременного принятия решений при возникновении нештатных ситуаций. Для решения

данной задачи проводится экспресс-обработка телеметрической информации, получаемой от изделия.

Экспресс-обработка представляет собой анализ части принимаемых с изделия параметров телеметрической информации (ТМИ), предоставляемых в едином носителе (ЕН) – файле, объединяющем в себе наилучшие участки принятой ТМИ от всех доступных источников.

На данный момент на космодроме Байконур в Центре испытаний и применения измерительного комплекса филиала ФГУП «ЦЭНКИ» - «Космический центр «Южный» (ЦИП ИК) формирование ЕН в режиме реального времени происходит с участием людей, поэтому влияние человеческого фактора на экспресс-обработку достаточно высоко, что не может не снижать качество формирующихся файлов ЕН.

Развитие современной вычислительной техники позволяет уменьшить влияние человека на формирование ЕН в режиме реального времени (или полностью исключить) и приблизить качество экспресс-обработки к качеству оперативной обработки за счёт применения современных технологий проектирования программного обеспечения и применения параллельных структур данных и параллельных алгоритмов.

Формирование ЕН можно разбить на несколько подзадач:

- приём ТМИ от источника данных и разбиение принятой информации на кадры;
- дешифровка времени приёма кадра;
- синхронизация источников данных;
- формирование массива оцениваемых кадров их оценка и выбор лучшего кадра;
- оцифровка времени отобранных кадров ТМИ.

Подзадачи 1-2 являются наиболее трудоёмкими с точки зрения затрат машинного времени, так как их выполнение связано с обработкой больших объёмов информации и подготовкой данных для решения последующих подзадач.

Выполнение подзадач 1-2 в нескольких отдельных потоках выполнения позволяет свести задержку между приёмом и оценкой ТМИ от нескольких источников ко времени затрачиваемому на выполнение этих же подзадач в одном потоке.

Ещё одной проблемой при формировании ЕН является изменение структуры кадров ТМИ от одного изделия к другому, что приводит к тому, что не представляется возможным создать единый алгоритм оценки кадра для любого ЛА. Для решения этой задачи при проектировании архитектуры учитывалось следующее:

- порядок выполнения подзадач приёма, дешифровки, синхронизации, оценки и выбора кадра не должна зависеть от структуры кадра;
- изменение структуры кадра должно отражаться в конфигурационных файлах и определять порядок дешифровки и оценки кадра;
- алгоритмы оценки и кадров должны быть разбиты на абстрактные подзадачи, порядок выполнения которых определяет алгоритм оценки.

Программное обеспечение для решения задачи формирования ЕН в режиме РМВ проходит эксплуатационное тестирование с марта 2017 года в отделении ИВЦ ЦИП ИК.

Оценка влияния возмущения от несферичности геопотенциала на движение высокоорбитальных космических объектов

Самбаров Г.Е.
Научный руководитель – к.т.н. Сауткин В.А.
3 Научная рота КВ ВКС
detovelli@mail.ru

В настоящее время, одной из наиболее актуальных тенденций нашего времени является повышение требований к точности получаемых данных. По данным службы контроля космического пространства NASA в околоземном космическом пространстве на сегодня находится более 22000 объектов искусственного происхождения размером от 10 см и более, а так же попадают объекты естественного происхождения. Вся эта совокупность неуправляемых объектов стала частью околоземной космической среды,

эволюция которой происходит по законам небесной механики. Для исследования и определения местоположения этих объектов необходимо создание высокоточной математической модели, которая будет учитывать возмущающие воздействия соответствующего уровня точности (адекватности).

На орбиту движущегося тела действуют различные силы, которые обусловлены притяжением Луны, Солнца; приливными деформациями центрального тела; светового давления; релятивистские эффекты; возмущения от сопротивления атмосферы, и другие факторы, неизбежно приводящие к дрейфу объектов околоземного космического пространства.

В работе исследуются возмущения движения космических объектов, вызванные несферичностью геопотенциала и анализ их влияния. Интегрирование дифференциальных уравнений движения в данной работе выполнялось с использованием численного метода интегрирования Эверхарта. Общую теорию интегратора Эверхарта и программный код GAUSS_15, который был использован для проведения исследований динамики околоземных объектов, представленных в данной работе, можно найти в работе Авдюшева.

На геосинхронных орбитах проблема засоренности пространства стоит довольно остро. Проблема в том, что из-за несферичности геопотенциала на геостационарной орбите появляются неоднородности движения объектов, которые подразделяются на несколько типов: объекты с устойчивым движением, объекты либрирующие около точки 75 градусов, объекты либрирующие около точки 255 градусов, объекты либрирующие около двух точек либрации, объекты, имеющие неустойчивое движение.

Главную трудность контроля геостационарной зоны представляют объекты либрируюшие около двух точек либрации и объекты, движение которых является не устойчивым, так как они представляют основную группировку объектов космического мусора на геосинхронных орбитах и их орбиты могут пересекать орбиты действующих спутников.

Разработка и исследование макета перспективного бесплатформенного навигационно-гравиметрического комплекса летательного аппарата

Шаповалов Н.А., Ямашев Г.Г.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Афонин А.А.
МАИ, каф. 305
Shapovalov.nik777@gmail.com

В докладе рассмотрен вариант построения макета бесплатформенного навигационно-гравиметрического комплекса (БНГК) ЛА на основе перспективной модификации сильносвязанной схемы комплексирования, в рамках которой открываются дополнительные возможности оценивания и коррекции погрешностей спутниковой навигационной системы, приводящие к улучшению итоговой точности и надежности определения параметров ориентации, навигации и векторной гравиметрии.

В базовый состав перспективного БНГК входит ряд датчиков первичной информации и измерительных подсистем, вычислительный модуль с функциональными алгоритмами БНГК, а также информационный накопитель. Вычислительный модуль включает операционный и навигационный вычислители. Операционный вычислитель осуществляет опрос датчиков первичной информации: инерциальных измерителей проекций угловой скорости и кажущегося ускорения ЛА, а также корректирующих подсистем (спутниковой навигационной системы, радиовысотомера, магнитометров и др.) и передает данные в навигационный вычислитель, где выполняются алгоритмы предварительной обработки измерений, решаются задачи ориентации, навигации и векторной гравиметрии, а также задачи оптимальной обработки информации и коррекции с применением калмановской фильтрации. Текущие измерения и результаты вычислений выдаются бортовым потребителям информации и регистрируются в накопителе данных. Одной из особенностей БНГК является оригинальный подход к решению задачи

коррекции, а именно усовершенствованная модификация сильносвязанной схемы комплексной обработки информации.

В случае применения в составе БНГК новой модификации сильносвязанной схемы комплексирования инерциальных и спутниковых измерений открываются дополнительные возможности повышения точности работы комплекса, связанные с лучшей наблюдаемостью и оцениваемостью систематических погрешностей СНС, как следствие лучшей их коррекцией, приводящей к повышению итоговой точности определения параметров ориентации, навигации и векторной гравиметрии. При этом также повышается надежность комплекса, связанная с сохранением возможности коррекции при сокращении даже до одного числа видимых спутников. Отличительной чертой новой модификации сильносвязанной схемы является совместное использование метода наименьших квадратов и оптимального фильтра Калмана.

Возможны различные варианты практического применения комплекса, как на борту беспилотных ЛА, так и в составе комплексов бортового оборудования пилотируемых самолетов и вертолетов. Ожидается, что применение сильносвязанной схемы комплексирования нового типа позволит значительно улучшить точность местоопределения по сравнению с традиционным схемами. Последнее особенно актуально в зоне посадки, где требуется самая высокая точность определения параметров навигации. При этом переоборудование ЛА с современными цифровыми комплексами бортового оборудования не потребует значительных модификаций и затрат, и может быть осуществлено путем замены или частичной доработки соответствующего программно-алгоритмического и в некоторых случаях аппаратного обеспечения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках проекта РФФИ по гранту 15-08-05708а, а также гранта Президента РФ № МК-8036.2016.5.

Способ применения фильтра Калмана в задаче идентификации относительных координат самолета в режиме посадки

Широкий А.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Лущик А.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 92
lushchik-family@yandex.ru

Создание комбинированных или комплексных навигационных систем (КНС) является одним из важнейших путей совершенствования навигационного оборудования. В современных КНС при решении задачи счисления путти осуществляется совместная обработка информации нескольких измерителей, получающих информацию от различных источников. Наибольшая точность определения координат летательного аппарата (ЛА) достигается путем применения бортовых спутниковых радионавигационных систем, позволяющих получать значения координат с погрешностью, не превышающую нескольких метров. Однако использование таких систем в боевых условиях становится невозможным, вследствие уничтожения или самих спутников или системы управления ими. В связи с этим наиболее предпочтительным считается оборудование ЛА автономными средствами навигации и посадки, использующими различный физический принцип получения информации, с последующим комплексированием полученных навигационных данных. При этом максимального выигрыша от комплексирования можно достичь, решив задачу оптимального оценивания навигационных параметров.

В состав пилотажно-навигационного комплекса современного ЛА обязательно входит один или несколько цифровых вычислителей, объединенных в вычислительную систему, выполняющих решение задачи счисления пути (определение текущих координат) и определения отклонения органов управления ЛА по соответствующим законам управления для выполнения программы полета. В связи с тем, что информация от датчиков первичной информации поступает в вычислительную систему дискретно с известной частотой опроса датчиков, более предпочтительно в задаче оптимального оценивания использовать дискретную фильтрацию, то есть фильтры, описываемые разностными уравнениями. Кроме того, вычислительные ресурсы системы должны

позволять получать результаты вычислений за конечный интервал времени, обусловленный требуемой частотой выдачи информации на исполнительные устройства системы управления ЛА.

Здесь рассматривается способ применения дискретного фильтра Калмана для решения задачи оценивания относительных координат в режиме посадки самолета. В рассматриваемом режиме производится комплексирование информации от двух источников информации: инерциальной навигационной системы ИНС и радиолокационной системы посадки РЛС-П. Дальность до радиомаяка и курсовой угол измеряются с помощью бортовой РЛС-П. Значения проекций скорости самолета по северному и восточному направлению гироплатформы поступают из инерциальной системы, которые затем пересчитываются в вычислительном устройстве в составляющие путевой скорости. Рассматриваемый способ идентификации параметров динамической системы осуществляется циклически и включает в себя два алгоритма:

– алгоритм экстраполяции, который реализует переход от оценок относительных координат и их дисперсионной матрицы к величинам, полученным без учета последнего измерения.

– алгоритм регрессии, реализующий определение оценки координат и дисперсионной матрицы по результату однократного текущего измерения.

Разработка методики проведения настройки чувствительного элемента гироскопа – гуп с использованием прецизионного стенда угловых вибраций acutronic avt-105

Шуваев И.Н.
Научный руководитель – доц. Кошелев Б.В., Кислинский В.Н.
3 Научная рота КВ ВКС
Shuvaev.i.n@yandex.ru

В работе представлена методика настройки чувствительного элемента динамически настраиваемого гироскопа (ДНГ) с упругим 3-х осевым подвесом – ГУП с целью обеспечения заданного значения относительного коэффициента демпфирования и определения фактической резонансной частоты чувствительного элемента (ЧЭ). При экспериментальных исследованиях в качестве испытательного оборудования предполагается использовать стенд угловых вибраций Acutronic AVT-105.

Такие испытательные стенды предназначены для точного воспроизведения вибрационного углового движения с заданной частотой и амплитудой в испытательной лаборатории при проведении испытаний и калибровки инерциальных датчиков (гироскопов и акселерометров), инерциальных навигационных систем, стабилизированных оптических систем, систем управления с электронной стабилизацией. Стенды могут также использоваться для подтверждения технических характеристик выпускаемой продукции при контрольных испытаниях.

Испытуемый чувствительный элемент согласно техническому заданию (ТЗ) должен иметь частоту резонанса в диапазоне 138…142 Гц и значение относительного коэффициента демпфирования должен быть 0,033 ± 0,001.

С целью определения данных параметров была разработаны методика и алгоритмы процедуры экспериментальных работ, составлены расчетные соотношения и программное обеспечение (ПО) написанное в Visual Studio, позволяющее эффективно обрабатывать данные, полученные в результате испытаний.

По разработанной методике испытуемый ЧЭ гироскопа подвергается вибрационному воздействию для предварительного выявления резонансной частоты f1, соответствующей максимальному значению выходного напряжения U_1. Затем частота вибрации устанавливается по значениям выходного напряжения U_2 и U_3, лежащих в пределах $0{,}6 \ldots 0{,}8U_1$ при частотах f2 и f3 соответственно меньше и больше резонансной частоты. Результаты обрабатываются по выведенным формулам.

В случае невыполнения ТЗ производится регулировка упругого элемента и испытания повторяются до достижения заданных значений $f_{рез}$ и $\xi_{демпф}$.

Новая методика позволила ускорить процесс настройки ЧЭ на заданные параметры и является довольно надежной, т.к отсутствует оцифровка сигнала, минимизируются методические и инструментальные погрешности. Применение современного стенда Acutronic AVT-105 позволило уменьшить габариты испытательного оборудования.

Разработанные методика и ПО в настоящее время прошли предварительную апробацию, показали свою эффективность и находятся в завершающей стадии практического внедрения в испытательной лаборатории ПАО «Красногорский завод им. С. А. Зверева»

Секция «Электроника, конструирование и технология приборостроения»

Модифицирование оптических и электрических свойств синтетического алмаза высокодозовым ионным облучением

Аникин В.А., Казаков В.А., Овчинников М.А.
Научный руководитель – профессор, д. ф.-м. н. Борисов А.М.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
anikin_vasil@mail.ru

Попытки получить синтетический алмаз предпринимались ещё с конца XIX столетия, но практически осуществились лишь ближе к середине XX в. После освоения методов получения синтетического алмаза стали интенсивно изучать его свойства и возможные области применения. С развитием технической и технологической исследовательской базы появились возможности модифицирования синтетического алмаза и получения новых функциональных свойств. Высокодозовое ионно-лучевое облучение является одним из методов модифицирования поверхности синтетического алмаза. В настоящей работе рассматривается влияние высокодозового ионно-лучевого облучения на оптические и электрические свойства синтетического алмаза. Облучению подвергалась грань (111) синтетического алмаза 1b. Облучение проводилось на установке «Масс-монохроматор» НИИЯФ МГУ ионами Ar^+ с энергией 30 кэВ при температуре от 30^{o}C до 400 ^{o}C. Плотность ионного тока составляла ~ 0.3 – 0.4 мА/см^2 при сечении пучка 0.3 см^2. Флуенс облучения составлял 10^{18} ион/см^2. Для алмаза, облученного при комнатной температуре, дополнительно производили термообработку в камере столкновений в вакууме 10^{-6} Торр в интервале температур от 100 ^{o}C до 400 ^{o}C. Время термообработки для каждой температуры составляло 1 час. Для измерений электрических свойств использовали мультиметр и четырехзондовый метод измерения сопротивления на приборе ИУС – 3. Данные атомно-силовой микроскопии получали на микроскопе Veeco Demonsion V. Растровую электронную микроскопию проводили в контрасте вторичных электронов. Измерения комбинационного рассеивания света проводили на микрорамановском спектрометре Horiba Yvon T6400 при возбуждении лазерным излучением с длиной волны λ = 488 нм. Фотометрию производили с помощью спектрофотометра - флуориметр СФФ-2 «ФЛУОРАН».

Высокодозовое ионно-лучевое облучение позволило получить на поверхности алмаза токопроводящий слой толщиной 40-50 нм. Установлено, что температура облучения может сильно влиять на слоевое сопротивление токопроводящего слоя. Так после облучения при температуре 45^{o}C R_s = 140 кОм, при 100 ^{o}C R_s = 7,8 кОм, при 150 ^{o}C R_s = 4,1 кОм и при 400 ^{o}C R_s = 1,2 кОм. При термообработке поверхности, облученной при комнатной температуре, так же наблюдается уменьшение слоевого сопротивления с повышением температуры. Первоначальное значение составило R_s = 87 кОм. После обработки при температуре 100^{o}C R_s = 59 кОм, при 150^{o}C R_s = 59 кОм и при 400 ^{o}C R_s = 3,4 кОм Найдено также, что высокодозное ионно-лучевое облучение при комнатной температуре не оказывает сильное влияние на прозрачность синтетического алмаза. Измерения коэффициента пропускания после высокодозового ионно-лучевого облучения с увеличением температуры показали значительное уменьшение прозрачности.

Прозрачность после облучения при 400°С уменьшилась в 2 раза, тогда как при термообработке при этой температуре прозрачность алмаза уменьшилась лишь на 20%.

Таким образом, изменяя условия высокодозового ионного облучения и термообработки, можно найти оптимальное соотношение слоевого сопротивления получаемого слоя и прозрачности синтетического алмаза.

Исследование электропроводности терморегулирующих плазменно-электролитических покрытий на алюминиевых сплавах

Аникин К.А.
Научный руководитель – д.т.н. Эпельфельд А.В.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
airgear12@mail.ru

Терморегулирующие покрытия (ТРП) являются важным элементом защиты приборов от воздействия факторов космического пространства, включающих электромагнитное излучение Солнца и потоки заряженных частиц. В настоящее время в качестве терморегулирующих покрытий используют покрытия органическими эмалями серии ЭКОМ, в частности ЭКОМ-1 белого цвета и ЭКОМ-2 черного цвета. В связи с увеличением продолжительности эксплуатации космических аппаратов актуальными являются поиски новых более радиационно-стойких материалов. Одним из перспективных направлений таких поисков является применение микродугового оксидирования (МДО). Как в нашей стране, так и за рубежом показано, что МДО-покрытия на алюминии и его сплавах, титане и его сплавах по коэффициентам поглощения солнечного излучения и теплового излучения не уступают используемым терморегулирующим покрытиям, а по радиационной стойкости превосходят их.

Кроме повышенных оптических свойств и радиационной стойкости терморегулирующие покрытия должны токопроводящими. Это связано с тем, что в космическом пространстве на покрытии может накапливаться статическое электричество, приводящее к неконтролируемым электрическим разрядам и возможным сбоям электроники. МДО-покрытия являются диэлектрическими. Поэтому для их использования в качестве ТРП, они также должны быть достаточно проводящими.

В настоящей работе исследовали покрытия, полученные при МДО алюминия в силикатно-щелочном электролите в мягком анодно-катодном режиме при суммарной плотности тока 5–15 А/дм^2 и равенстве анодного и катодного токов. В результате получены покрытия белого и черного цвета, не уступающие по оптическим свойствам ТРП ЭКОМ-1 и ЭКОМ-2.

Измерение удельного электросопротивления проводили с помощью мегаомметра Ф 41-01 при постоянном напряжении 1000 В. В качестве контакта с покрытием использовали проводящий углеродный скотч, площадью $1.13 \cdot 10^{-4}$ м^2. Измерения проводили при приложении к покрытию как положительного, так и отрицательного потенциала.

Толщину покрытий измеряли с помощью вихретокового толщиномера покрытий ВТ-201. В качестве эталона использовали образцы без покрытий и эталонную пленку толщиной 100 мкм. Толщина покрытий составила 150 и 50 мкм для белого и черного МДО-покрытий и 100 мкм для ЭКОМ-1 и ЭКОМ-2.

Измерения и сравнение с данными ТРП ЭКОМ показали сопоставимые величины удельных электросопротивлений изученных покрытий. Таким образом, можно заключить, что МДО-покрытия обладают подходящими свойствами терморегулирующих покрытий не только оптическими, но и электрическими.

Диагностика дефектов приборных шарикоподшипников по моментным характеристикам

Апраксина А.В.
Научный руководитель – профессор, к.т.н Акилин В.И.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
allochka.95@mail.ru

В информационных и управляющих системах летательных аппаратов нашли широкое применение гироскопические приборы и устройства. Электромеханические гироскопические приборы содержат роторные быстровращающиеся устройства, имеющие опоры, реализованные на шарикоподшипниках (ШП). Практически при всех эксплуатационных условиях качество приборных ШП определяет качество прибора в целом, его точность, надежность и ресурс. В этой связи с целью повышения качества работы приборов и информационных систем летательных аппаратов на всех этапах их жизненного цикла важное место занимает вопрос контроля и диагностики состояния шарикоподшипниковых опор. К числу основных показателей, определяющих работу шарикоподшипниковых опор гироскопа, относят такие как: стабильность вращения роторной системы (кинематического момента ротора), моментные и жесткостные характеристики, характер распределения нагрузки в ШП и другие. В процессе контроля гироскопического прибора на различных этапах его жизненного цикла по изменениям указанных показателей ШП могут быть обнаружены наличие и вид дефекта, то есть осуществлена диагностика состояния прибора в целом и его основных элементов, которые могут ограничить или даже исключить дальнейшую эксплуатацию прибора на летательном аппарате. К числу диагностически информативных параметров ШП относят их моментные характеристики. С помощью контроля моментных характеристик можно оценить как состояние ШП перед их установкой в прибор, так и их показатели в собранном изделии. В докладе рассмотрены принцип действия, конструкция и работа измерителя моментных характеристик ШП, реализующего компенсационный метод и разработанного на кафедре ТППИСУЛА. Созданный измеритель моментных характеристик в течение ряда лет прошел практическую апробацию в производственных условиях, результаты его практической апробации позволили сформировать модели, отражающие многообразие явлений, имеющих место в гироскопических электродвигателях и их шарикоподшипниковых опорах, выработать критерии, позволяющие осуществлять объективный контроль, диагностирование дефектов и прогнозирование работоспособности гироскопических электродвигателей. Моментные характеристики при различных скоростях вращения ротора обладают значительной диагностической информативностью, позволяющей оценивать состояние объекта с точки зрения различных технических показателей. На этапе разгона и в режиме устанавливающегося вращения ротора моменты сопротивления вращению характеризуют параметры двигателя как электрической машины. В режиме выбега ротора моментные характеристики в диапазоне средних частот вращения ротора, порядка 100-400Гц, характеризуют количество смазки в подшипниках по величине и характеру изменения гидродинамической составляющей момента. В режиме выбега ротора на последних его оборотах моментные характеристики имеют высокую информативность для определения таких дефектов двигателя, как монтажные перекосы их колец, наличия дефектов и посторонних частиц на беговой дорожке подшипника, наличия повышенного износа беговых дорожек. Величина момента при остановке ротора характеризует момент сил «сухого» трения в подшипниках, пропорциональный величине предварительной осевой нагрузки на подшипники.

Микроэлектронные механические системы в медицинской практике

Астафьева С.Н., Пашкова Д.В.
Научный руководитель – к.т.н. Иванов Н.С.
МАИ, каф. 607
lana.astafjeva@yandex.ru

Микроэлектронные механические системы – универсальная технология, которая позволяет интегрировать любые химические, биологические и физические явления в одном чипе. Важная часть чипа – это микроматрица, состоящая из плотной двумерной сетки сенсоров. Сенсоры располагаются на плоской подложке и могут быть сделаны из стекла или кремния, таким образом, являясь пассивными сенсорами, либо из интегральной электроники или микромеханических устройств, которые выполняют передачу сигнала или способствуют этому. Такой вид сенсоров называется активным. Основная задача производства чипов состоит в процессе размещения каждого сенсора в определенном положении на подложке. Для ее решения существуют различные средства. Как правило, используются роботизированные системы микропипеток или системы микропечати. С их помощью можно разместить сразу несколько сенсоров, но лишь в небольшом количестве, поскольку каждый из сенсоров уникален. В настоящее время данная технология находит широкое применение практически во всех областях, в том числе и в медицине. Одним из направлений является протезирование органов чувств, которое постоянно развивается. На данном этапе технологического развития наиболее выполнимая задача, которую недавно удалось решить, – протезирование органов осязания. Протез, представляющий из себя систему чипов, станет хорошим решением в случаях, когда сенсорное восприятие нервных окончаний отсутствует, но сама рука пациента сохраняет свои механические функции. Причинами таких повреждений могут быть термические ожоги, переохлаждение или механическое воздействие. Среди главных проблем протезирования органов осязания можно выделить:

- подключение чипа к нервной системе пациента;
- осуществление обратной связи.

Одним из способов решения данных проблем является внедрение дополнительных датчиков таких, как датчиков изгиба, пьезодатчиков и тепловых датчиков. Также, для решения проблемы осуществления обратной связи между чипом и нервными волокнами руки, в пучки нервов можно разместить специальные электроды. При прикосновении пациента к чему-либо сенсоры на чипах будут передавать сигналы на электроды, которые непосредственно связаны с нервной системой человека. Чип устанавливается под кожу пациента на место поврежденных участков нервных волокон. Внешняя оболочка чипа должна быть биологически совместима с тканями организма пациента. Для достижения этого свойства требуется использование биологически активных материалов, предназначенных для совмещения биологических систем с техническими системами с целью замещения любой ткани организма для выполнения каких-либо функций. В качестве примера таких материалов можно привести композиционные материалы, стеклокерамика, кальциофосфатная керамика, биоактивные гели и биоактивные полимеры. Главным достоинством такого метода являются его минимальные массогабаритные характеристики. К недостаткам метода можно отнести инвазивность и сложность внедрения. В работе произведен анализ материалов, которые могут использоваться для изготовления чипов, составлена принципиальная схема протеза, проведены оценочные расчеты для дальнейшей разработки модели.

Система управления и контроля турбореактивным двигателем

Артамонов К.А., Коробков М.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Васильев Ф.В.
МАИ, каф.307
josef_turok@bk.tu

Сейчас научно-технический прогресс позволяет значительно уменьшать размеры устройств. Миниатюризация коснулась и авиационной техники. Таким образом, линейные размеры турбореактивных двигателей сократились до 300 мм а масса до 2 кг, что позволяет использовать их в различных областях, например в авиамоделировании или в качестве силовой установки беспилотных летательных аппаратов I и II групп. К таким двигателям необходима недорогая система управления соответствующего размера. В работе предложена система управления, по ней разработаны функциональная, электрическая принципиальная и структурная схемы. Отдельные части схемы промоделированы с помощью системы автоматизированного проектирования Proteus в подпрограмме ISIS. Разработан алгоритм функционирования системы, который позволяет оптимизировать вычислительные ресурсы микроконтроллера по времени. На его основе написана программный код на языке C/C++. На основе совокупности предложенных схем изготовлен макет на базе микроконтроллера под управлением созданной программы. Основным элементом системы является микроконтроллер Atmel ATmega 328p, обрабатывающий данные с датчиков и регулирующий работу выходного каскада, который управляет обвязкой двигателя: электростартером, свечой зажигания, клапаном свечи зажигания, топливным насосом и клапаном камеры сгорания. Для корректной работы двигателя на нём установлены датчики: 4 датчика температуры, чтобы измерять температуру в отдельных частях двигателя, 2 сенсора давления, для получения данных о нагнетаемом компрессором давлении и для мониторинга топливной магистрали, датчик оборотов и датчик расхода топлива.

Созданная система управления реализует следующие основные функции:

- Запуск двигателя в автоматическом режиме, то есть контроль старта, зажигания и вывод турбины на рабочий режим;
- Осуществление регулировки оборотов вала в рабочем режиме с помощью управления топливным насосом;
- После выключения турбины электростартер ещё несколько раз прокручивает вал турбины для снижения температуры двигателя;
- При достижении критических значений температуры или давления двигатель совершает аварийную остановку;

При подключении системы к компьютеру по интерфейсу USB с него возможно управление двигателем и просмотр информации с датчиков, установленных на двигателе. В то же время ведётся запись всех данных в отдельный файл, чтобы в случае непредвиденной ошибки узнать её и устранить.

Преимуществами системы являются её относительная дешевизна, простота конструкции и изготовления, а также небольшие массогабаритные параметры. По результатам анализа работы макета можно судить о правильности функционирования системы в целом и отдельных его составляющих. Система допускает модификации, такие как: подключение дополнительных датчиков и объединение нескольких систем в единую сеть для совместного использования нескольких двигателей.

Разработка методики автоматизированного проектирования ИБД в САПР CREO PARAMETRIC

Бабичев С.Г.
Научный руководитель – проф., к.т.н. Баранов П.Н.
МАИ, каф. ТППИСУЛА

Основным средством измерения и контроля угловых скоростей является интегральный блок датчиков (ИБД). Он входит в состав комплексной системы управления

(КСУ), отвечающей за дистанционное управление системами самолета и активную безопасность. В настоящий момент разрабатывается ИБД нового поколения, к которому предъявляются высокие требования к точности и отказобезопасности. Он предназначен для новой системы управления КСУ-35. В связи с этим необходимо уделять большое внимание качественной разработке технологии сборки ИБД и изготовления его элементов.

Для решения данной проблемы в МНПК «Авионика» применяется система PLM Windchill, которая обеспечивает ведение проектов, совместной работы подразделений, учета, хранения и согласования различных видов документации в электронном виде. При решении задач конструирования система Windchill использует Creo Parametric, которая включает широкий ряд эффективных и при этом гибких функций 3D CAD.

В докладе приведены результаты разработки методики проектирования интегрального блока датчиков (ИБД) в системе автоматизированного проектирования (САПР) «CREO PARAMETRIC», - комплексным решением, позволяющем реализовать алгоритм разработки и проектирования электронных узлов, расчеты жизненного цикла, моделирование работы датчиков, включая этап выпуска конструкторской документации по ЕСКД.

Применение САПР «CREO PARAMETRIC» в разрабатываемом ИБД с оптоволоконными датчиками угловых скоростей обеспечивает ряд преимуществ, проектирования по сравнению с другими средствами САПР ИБД:

- усовершенствованные инструменты создания поверхностей, причем качество поверхностей моделей улучшено за счет функции «Boundary Blend»;
- сквозную технологию от разработки или описания кинематической схемы до подготовки блока к производству;
- не имеющие аналогов работы с данными систем CAD;
- эффективные инструменты диагностики, анализа и расчетов;
- широкий спектр пользовательских настроек;
- совместную работу над одним проектом.

В докладе излагается сущность разработанной методики, которая заключается в последовательном алгоритме проектирования от описания электрической схемы с применением инструментов диагностики и анализа и адаптированных к проекту пользовательских настроек САПР, до решения задач подготовки проекта к производству.

Апробация разработанной методики проектирования ИБД в САПР CREO PARAMETRIC показала перспективность данного САПР для сквозного проектирования.

Разработка методик исследования структуры полимерных материалов, применяемых в приборостроении. Полимерные композиты

Баимова А.В.
Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Сагитова Е.А.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
baimova.aiza@mail.ru

Доля изделий из полимерных материалов, используемых в различных отраслях промышленности, включая приборостроение и авиационную промышленность, неуклонно растет. Свойства любого полимерного материала зависят от большого количества структурных характеристик, в частности от фазового и конформационного составов и ориентации макромолекул. С одной стороны, это позволяет получать новые материалы с требуемым комплексом свойств, модифицируя структуру базовых полимеров с отработанной технологией синтеза. С другой стороны, актуальной является задача не только всестороннего изучения взаимосвязи структуры и свойств, но также развитее быстрого, высокоинформативного и неразрушающего метода анализа структуры полимерных материалов, который будет использоваться как учеными и технологами на этапе разработки технологии производства материала, так и для контроля качества изделий на производстве. Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР) света – мощный, хотя и редко применяемый метод анализа структуры полимерных материалов.

Она диагностирует кристаллическую и аморфную фазы, что является значительным преимуществом перед традиционно используемыми методами рентгеноструктурного анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии, которые позволяют детально охарактеризовать только кристаллическую фазу образца. Целью работы явилось развитие методов спектроскопии КР для исследования структуры композитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). Благодаря своим уникальным свойствам, таким как модуль Юнга, демпфирующим характеристикам, стойкости к агрессивным средам, СВМПЭ во многих случаях может заменить сталь, бронзу, фторопласты и полиамиды. Введение таких наполнителей как алюмосиликатного монтмориллонита (ММТ) или углеродного нанонаполнителя позволяет повысить износостойкость и жесткость. В докладе представлены результаты исследования методом спектроскопии КР структуры нескольких серий нанокомпозитов СВМПЭ/ММТ и СВМПЭ/нанографит. Обсуждается влияние этих наполнителей на фазовый состав и конформационый порядок макромолекул СВМПЭ. Для композитов СВМПЭ/нанографит также исследуются характеристики наполнителя в полимерной матрице.

В частности, показано, что анализ интенсивностей линий КР с частотами 1295, 1305, 1415, 2850, 2881 $см^{-1}$ позволяет определить содержание орторомбической кристаллической фазы и суммарное число *транс*-конформеров, локализованных в кристаллической и некристаллической фазах, а также содержание *гош*-конформеров. Установлено, что введение в полимерную матрицу ММТ с содержаниями, не превышающими 8 масс. %, незначительно повышает степень кристалличности полимерной матрицы. Также при содержании ММТ 8 масс. % наблюдается увеличение *транс*-конформеров, локализованных в некристаллической фазе полимерной матрицы.

В спектрах КР СВМПЭ/нанографит, зарегистрированных при возбуждении излучением с длиной волны 532 нм, проанализировано отношение интенсивностей полос D(~1350 $см^{-1}$) и G(~1580 $см^{-1}$), на основании которого проведена оценка поперечного размера пластин нанографита, изготовленного по различным технологиям.

Исследование возможностей и существующего рынка SFP-модулей системы волоконно-оптической связи

Баринов М.А.
Научный руководитель – доцент, Когой Т.В.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
frosten13@gmail.com

В настоящее время Российский рынок телекоммуникаций активно растет, и с каждым годом увеличиваются потребности в качестве и скорости связи, при этом доля затрат на телекоммуникацию в Российском сегменте снижается по сравнению с европейскими странами. На рынке появляются новые, более компактные и дешевые модели устройств, предназначенные для передачи данных. Огромное внимание уделяется развитию волоконно-оптических модулей, которые являются неотъемлемой частью при построении телекоммуникационных сетей. Быстрое развитие технологий этих модулей привело к появлению новых стандартов оптических трансиверов, одними из которых являются SFP-модули.

Оптические устройства SFP, по-другому называемые трансиверы, представляют собой сменные модули компактного размера, которые используются на различных линиях передач. Передача данных осуществляется с помощью оптических волокон, которые позволяют передавать данные без сильных потерь и на большие расстояния. В качестве источника света выступает лазер. Помимо большой дальности и высокой скорости передачи данных, данное устройство обладает высокой отказоустойчивостью к скачкам в сети электрического тока, благодаря чему устройство может работать исправно даже при перепадах сетевого напряжения.

Прибор, разрабатываемый в данной работе, предназначен для беспроводной передачи сигнала в пределах закрытых помещений, из-за чего возникают дополнительные потери сигнала, связанные с особенностями среды распространения. При создании

прибора используется готовая комплектация источника и приемника, используемая для устройств волоконно-оптической связи. Существующая комплектация отвечает следующим требованиям:

1. Соответствие стандарту IEEE 802.3z;
2. Скорость передачи данных не менее 1 Гб/с;
3. Излучение лазера безопасное для глаз;
4. Дальность передачи не менее 1 км;
5. Соответствие спецификации SFF-8074i.

В настоящей работе был произведен обзор Российского рынка телекоммуникаций с целью исследования и поиска приемопередатчиков от разных производителей, подбора комплектаций для нового разрабатываемого волоконно-оптического модуля SFP, а также были подобраны устройства, необходимые для разработки прибора.

Радиационно-стойкие источники питания на базе КНС для ракетно-космической техники

Беляев Е.Д.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Школьников В.М.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
e.belyaev@au2b.ru

Современные быстроразвивающиеся высокотехнологичные отрасли промышленности предъявляют возрастающие требования к массогабаритным показателям и эксплуатационной надежности, снижению уровня допустимых помех при одновременном уменьшении стоимости аппаратуры. Достижения субмикронной технологии обеспечивают получение СБИС с размерами топологических элементов менее 0,1 мкм и количеством выводов 400 и более при тактовых частотах на кристаллах более 1 ГГц и рассеиваемо мощности 30-50 Вт.

Актуальность исследования подтверждается ужесточением требований к качеству, микроминиатюризации изделий и электронных блоков аэрокосмического приборостроения, вызывающем необходимость обеспечения на всех этапах подготовки межоперационного контроля с применением современных методов и средств.

В настоящее время структура кремний на сапфире (КНС) является основой для производства радиационно-стойких интегральных схем (ИС), что в первую очередь важно для космической промышленности, атомной энергетики и военного применения. Из-за снижения паразитных емкостей повышается быстродействие элементов, а отсутствие необходимости в дополнительной изоляции элементов друг от друга позволяет увеличить степень интеграции элементов. Диэлектрическая подложка также позволяет значительно снизить (практически исключить) токи утечки приборов и уменьшить энергопотребление. Однако главное достоинство структур КНС всё-таки радиационная стойкость. Важнейшей задачей является производство слоёв кремния на сапфире толщиной менее 100 нм (ультра тонкие слои) пригодных для создания ИС. Основным методом получения КНС слоёв в промышленности является газо- фазная эпитаксия (ГФЭ). Но этот метод не позволяет получать сплошные ультратонкие слои КНС приборного качества. С этой задачей успешно справляется технология UTSi (Ultra Thin Silicon). Альтернативной технологией может стать метод молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ). За счет пониженной температуры роста, МЛЭ позволяет получать слои кремния на сапфире лучшего качества, чем ГФЭ

Высокая радиационная стойкость КНС микросхем обуславливается отсутствием паразитных транзисторных связей элементов схемы между собой и с подложкой, а также незначительность объема кремния под затворами МОП структур, исключает возникновение защелкивания при воздействии γ –импульсов, тяжелых заряженных частиц (ТЗЧ), мощных электромагнитных импульсов (ЭМИ). Исключение из конструкции микросхем элементов с высокими атомными номерами обеспечивает устойчивость микросхем к воздействию мощных импульсов сверхжесткого рентгеновского излучения (СЖР). ЭМИ и СЖР – сопутствуют ядерному взрыву.

Обобщение результатов теоретических оценок и многочисленных натурных и имитационных испытаний всего многообразия кремниевых микросхем, приводит к заключению, что КМОП КНС – это единственная технология, обладающая стойкостью ко всем радиационным эффектам: космического происхождения; возникающим вблизи ядерно-энергетических объектов; сопутствующих ядерному взрыву

В данном докладе рассмотрены преимущества и недостатки радиационно-стойких источников питания на базе КНС для ракетно-космической техники.

Надёжность печатных плат со встроенными компонентами

Беляев И.И
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Медведев А.М.
МАИ, каф.307
fisherivanbel@mail.ru

В наше время на смену компонентам с поверхностным и штыревым монтажом приходят более современные технологии встраивания компонентов в объем печатной платы. Она позволяют уменьшить размеры платы (в 1,5 раза по сравнению с многоуровневыми печатными платами и в 3 раза по сравнению с многослойными печатными платами (МПП), изготовленными по стандартной технологии), улучшают электрические характеристики устройств за счёт уменьшения длины межсоединений, повышают жёсткость печатной платы, обеспечивают лучшую влагозащиту и теплоотдачу компонентов.

Но надёжность печатных плат, при изготовлении которых применена технология встраиваемых компонентов, всё ещё детально не изучена и именно поэтому не существует однозначного мнения о применении данного типа плат в авиационной и космической отраслях.

Для исследования физической надежности, в общей сложности, было изготовлено 50 изделий размерами 100х100 мм. В каждую печатную плату были встроены 16 светодиодов и микроконтроллер, который ими управляет. Под надёжностью будем понимать такое состояние изделия, при котором все 16 светодиодов и микроконтроллер после проведения испытаний останутся в рабочем состоянии. Сразу после изготовления была проведена рентгенография изделий, которая позволила сравнить состояние изделий до и после испытаний.

Комплекс испытаний, проводимый для изделий, является стандартным для приёмки печатных плат в авиационной отрасли. Он включает в себя:

1. Термоциклирование от -60 °С до 120 °С – 100 циклов.
2. Вибрационные испытания (синусоидальная вибрация) с ускорениями до 4g в течение 6 ч.
3. Испытания на повышенную влажность.
4. Испытания на конденсированные осадки.

После завершения одного цикла каждого из испытаний, изделия проверялись на работоспособность. Виброиспытания проводились с работающими платами, что позволило однозначно идентифицировать время возможного отказа каждого из элементов.

После завершения испытаний на платах были сделаны микрошлифы, которые сравнивались с изначальной рентгенографией изделия. Проанализировав всю информацию, полученную в результате проведенных опытов можно сделать вывод о том, что надёжность печатных плат обеспечивается за счет подбора оптимальных параметров процесса пайки компонентов на внутренние слои МПП и режимов прессования слоев в многослойную структуру.

Система сбора данных о состоянии снежного покрова программно-аппаратного комплекса прогнозирования схода лавин

Бугаева Е.В.
Научный руководитель – к.т.н., доц. Можаров В.А.
МАИ, каф. 307
ekaterina.v.bugaeva@gmail.com

Контроль снежного покрова одна из важных задач государственных служб, так как сходы снежных лавин происходят во всех горных регионах России. Для повышения безопасности и уменьшения трудоемкости данного процесса, нами разрабатывается автономная дистанционная система контроля снежного покрова. Анализируя полученную информацию о распределении температуры в снежном покрове и его уровня, специалисты лавинной службы с высокой степенью достоверности и в оперативном режиме смогут прогнозировать вероятность лавинообразования на наблюдаемом участке.

Данный комплекс устанавливаются на склонах гор в районах с повышенной вероятностью схода лавин. Система представляет собой совокупность отдельных элементов, а именно: штанга длиной 2 м с основанием; у основания штанги в отдельном герметичном корпусе установлены управляющее устройство, аккумулятор, контроллер заряда, GSM-модем; по всей длине штанги равномерно расположены датчики температуры; в верхней части штанги закреплен блок солнечных батарей и антенна системы передачи данных. При установке штанги с датчиками, сотрудники лавинной службы осуществляют привязку идентификационного номера штанги (ID) к координатам на местности (используя GPS приемник).

Управляющее устройство собирает информацию с датчиков температуры раз в 60 мин, и передает информацию на сервер по средствам SMS. Для того, чтобы система могла собирать и отправлять данные о снежном покрове, было решено использовать датчики температуры, антенну для передачи данных и GSM GPRS-модуль. GPRS-модуль расширяет возможности программно-аппаратного комплекса, позволяя отправлять SMS-сообщения, и оправлять данными по GPRS.

В настоящее время разработан макет устройства, дорабатывается программное обеспечение, а также проводятся исследования по подбору оптимального способа сортировки переданной информации с устройства. В зимнем сезоне 2017/2018 планируются натурные испытания системы сбора данных о состоянии снежного покрова для проверки расчетов.

Моделирование деформации печатных плат

Васильева Е.В., Хомутская О.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Можаров В.А.
МАИ, каф. 307
kv8286@gmail.com, khomutskayaov@gmail.com

Одно из главных требований, предъявляемых к авиационной технике – массогабаритные показатели аппаратуры. С целью удовлетворения этого требования многослойные печатные платы (МПП) постоянно усложняются, что влечет увеличение плотности соединений и уменьшение размеров компонентов. Это приводит к проблеме пространственного совмещения контактных площадок слоев в трансверсальном направлении. Рассовмещение, вызванное деформацией материала подложки и погрешностями технологического характера, вызывает снижение физической надежности МПП, что является критичным в аппаратуре ответственного назначения. Неравномерность деформации слоев МПП приводит к их короблению и недопустимому отклонению от плоскостности.

Предлагается исследовать печатные платы с помощью создания программного продукта (модели), позволяющего рассчитать деформацию с учетом топологии слоя, конструкции МПП, толщин основы и фольги базового материала, температурного коэффициента расширения, структуры материалов и анизотропности стеклоткани. Будучи

реализованной, данная модель позволит предвидеть и существенно уменьшить степень деформации на стадии проектирования печатных плат.

В ходе моделирования происходит загрузка изображения слоя печатной платы. Для сокращения времени обработки изображения и увеличения удобства вычислений происходит разбиение загруженного изображения на квадраты, и затем, осуществляется подсчет процентного соотношения меди в каждом из квадратов сетки на основе разработанного алгоритма. Далее генерируется матрица, содержащая координаты узлов сетки и коэффициенты напряженности в каждом узле разбиения.

Входными данными для реализованного программного обеспечения являются изображения печатной платы в формате «*.bmp». После проведения статического моделирования на выходе имеется массив данных, содержащий расчет напряженности в каждом из узлов сетки. В дальнейшем модель может быть усовершенствована путем добавления алгоритмов учета взаимного влияния квадратов сетки, вычисления направления коэффициента деформации и т.д.

Данная модель позволит выявить участки печатной платы, наиболее подверженные деформации, что в дальнейшем станет основой для определения степени влияния и поиска возможных решений задолго до изготовления конечного продукта, например, введения масштабных коэффициентов не на всю плату, а только на ее часть. Благодаря чему становится возможной оптимизация затрат на изготовление печатных плат и повышение их надежности, что особенно актуально для производства устройств ответственного назначения.

Повышение метрологических характеристик струйно-конвективной системы, измерения давления и скорости его изменения в салоне самолета

Вафин Р.И., Дьячков К.В., Мифтахов Б.И.
Научный руководитель – ст. преподаватель, к.т.н., Тюрина М.М.
КНИТУ–КАИ, каф. ПИИС
kostt74@yandex.ru

Жесткие санитарные требования к условиям полета пассажиров обуславливают необходимость повышения качества работы бортовых систем автоматического регулирования давления в салоне самолета, особенно скорости его изменения (СИД). Существующие отечественные системы, отвечающие за поддержание этих параметров в значительной мере не отвечают современным требованиям по порогу реагирования (не хуже 13 Па/сек (0,2 мм.рт.ст/сек) в диапазоне давлений до 120 кПа) и точности измерения СИД, которым должен удовлетворять этот сигнал в салоне самолета, а также характеризуются высокой инерционностью и забросом давлений. Это обусловлено тем, что процесс измерения СИД осуществляется за счет формирования первичного сигнала по перепаду давления с последующим его дифференцированием. При таком способе измерения СИД выходной сигнал содержит высокочастотные помехи, связанные с процессом дифференцирования. Кроме того, при измерении малых СИД входной преобразователь давления должен иметь высокую чувствительность. Повышение чувствительности, как правило, достигается за счет увеличения массы и габаритов упругого чувствительного элемента. Это приводит также к значительному повышению температурной погрешности и уменьшению эксплуатационной надежности системы в бортовых условиях.

Повышение метрологических характеристик струйно-конвективной системы измерения давления и СИД, достигается за счет расположения пневматических каналов с анемочувствительными элементами (АЧЭ) в непосредственной близости к пневматическим выходам микронагнетателя. Это, с одной стороны, улучшает динамические характеристики системы за счет сокращения длины пневматического канала, сообщающего объект контроля (источник давления) с глухой камерой системы измерения давления и СИД, а также приводит к снижению порога реагирования (повышения чувствительности) за счет введения микронагнетателя, обеспечивающего смещение рабочей точки АЧЭ на участок его характеристики с высокой крутизной.

Повышение чувствительности и функциональной взаимозаменяемости в струйно-конвективной системе измерения давления и СИД достигается за счет выбора конструктивного исполнения АЧЭ в виде модуля, а также режима его работы. Это достигается за счет высокой чувствительности АЧЭ, выполненного на основе полупроводникового терморезистора, предварительно прошедшего технологическую стабилизацию и отобранного в пары по коэффициенту анемочувствительности.

Предложенный способ построения системы измерения давления и СИД может быть успешно применен при контроле режимов работы газогидродинамических объектов широкого спектра применения.

Исследование стойкости мелкоразмерных твердосплавных свёрл при сверлении композиционных материалов

Войтковский С.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ванцов С.В.
МАИ, каф. 307
voitkovskiysv@gmail.com

В условиях современных производственных процессов значительную роль играет вопрос фактической стойкости свёрл в реальной рабочей ситуации. Однако почти никогда не представляется возможным заведомо спрогнозировать ресурс некого инструмента достаточно точно даже в известных условиях, только после проведения тестов, в ходе которых этот ресурс будет исчерпан, а качество обработки поверхности снизится.

Рабочий ресурс сверла может быть определён теоретически, основываясь на расчётных данных. Они позволяют произвести предварительный анализ температуры сверла во время процесса сверления отверстий в материалах печатных плат, чтобы определить количество циклов сверления, которое можно провести без угрозы возникновения дефектов отверстий. Лимитирующим фактором при этом является достижение вершиной сверла температуры стеклования композиционного материала. Превышение этой температуры приводит к образованию буртиков и наплывов на входе и выходе сверла, а также остекловыванию внутренней поверхности отверстия, что является критическими дефектами, приводящими к браку печатных плат.

Решающее влияние на развитие температуры в зоне резания оказывает износ режущих кромок сверла, который косвенно можно определить по изменению усилия подачи сверлильного станка.

Для экспериментального определения этого усилия было разработано устройство на базе четырех тензодатчиков. Для повышения чувствительности измерительной устройства была использована мостовая схема включения датчиков. Результаты измерения усилия подачи фиксировались с помощью осциллографа с последующей обработки данных на компьютере.

В ходе эксперимента фиксировалось изменение усилия по мере затупления сверла. В результате анализа экспериментальных данных выявлены закономерности в динамике износа.

Связанные с затуплением свёрл параметры, полученные по итогам экспериментов, позволяют судить об износе инструмента в практических условиях и зависимости этих изменений от таких факторов, как:

- Физических характеристик сверла и его материала;
- Физических характеристик обрабатываемого композиционного материала;
- Режимов работы сверла.

Сравнение расчётных значений количества отверстий до появления значительных дефектов с фактическими значениями циклов сверления в ходе наблюдаемых экспериментов и с гарантированным рабочим ресурсом, заявленным поставщиком, даёт возможность сделать выводы о длительности допустимой продолжительности работы твердосплавного сверла до появления дефектов.

Разработка и исследование информационной системы управления качеством БИНС на этапах жизненного цикла

Волков С.И.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Акилин В.И.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
boom-93@ya.ru

В настоящее время к навигационным системам летательных аппаратов (ЛА) предъявляются постоянно возрастающие эксплуатационные требования к их точностным показателям и отказобезопасности. В связи с этим к числу наиболее актуальных относятся вопросы управления качеством систем на этапах жизненного цикла.

К одной из первых отечественных БИНС выпускаемых в настоящее время серийно и соответствующих требованиям второго класса относится бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС-СП), которая является базовой в составе комплекса бортовой авионики целого ряда пилотируемых летательных аппаратов. В связи с этим в ближайшие годы запланирован существенный рост выпуска данных систем. Как показывает статистика отказов серийного БИНС, как на этапе производства, так и при их эксплуатации, имеет место разнообразные отказы системы, их возвраты от потребителя на серийное предприятие. В связи с этим перед конструкторско-технологическим отделом лазерной гироскопии предприятия изготовителя БИНС-СП поставлена задача разработки системы управления качеством БИНС на этапах ее жизненного цикла. Для достижения высоких требований точности, качества и отказобезопасности необходимо создать четкую информационную систему управления качеством для быстрого выявления дефектов, а также их предупреждения на ранних стадиях изготовления и эксплуатации изделия.

Для решения поставленной задачи были проведены исследования, в рамках которых выполнены следующие работы:

– проанализированы особенности конструкции и функционирования БИНС с целью выявления конструкторских причин отказов;

– проанализированы технологические процессы изготовления элементов БИНС, сборки, калибровки и испытаний системы с целью выявления технологических причин отказа;

– разработано предложение по структуре информационной системы управления качеством БИНС на этапах ее жизненного цикла;

– предложены методики устранения типовых отказов системы на этапах ее производства и эксплуатации.

В докладе рассматриваются конструкторские особенности БИНС, являющиеся причинами типовых отказов, проанализированы серийный технологический процесс ее изготовления и технологические причины типовых отказов, дан анализ статистики типовых отказов БИНС на этапе ее эксплуатации, изложены предложения по структуре информационной системы управления качеством БИНС на этапах жизненного цикла.

Разработка алгоритма снижения уровня шумовой составляющей выходного сигнала микромеханических гироскопов

Воробьёв Д.Н., Кондратьев А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Горожеев М.Ю.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
sahakond@gmail.com

Развитие современной микроэлектроники привело к появлению нового класса инерциальных датчиков – микромеханических гироскопов (ММГ). ММГ представляет собой микро электромеханическую систему – интегрированное устройство с размерами в диапазоне от нескольких микрометров до миллиметров, которое объединяет в себе механические и электронные компоненты. Гироскопы этого типа обладают целым рядом достоинств: малые габариты и масса, во много раз меньшие, чем у любого другого

гироскопа, низкое энергопотребление и стоимость датчиков, высокая надежность и способность работать в условиях вибрации и перегрузки.

ММГ гироскоп, используемый в системах управления летательными аппаратами, имеет ряд параметров, определяющих его точностные характеристики. Одним из таких параметров является уровень его шумовой составляющей выходного сигнала. Шумовая составляющая выходного сигнала носит характер белого шума и может быть разделена на три вида шумов: дробовые шумы, они сравнительно невелики, тепловые шумы, которые так же оказываю малое влияние и Фликкер-шумы, оказывающие наибольшее влияние и зависящие от многих факторов, связанных с конструкцией элементов, включая материал, из которого они изготовлены и способов крепления.

Фильтрация шумовой составляющей выходного сигнала с использованием традиционных низкочастотных, аналоговых и цифровых фильтров недостаточно эффективна. Например, при использовании 2-х звенного, сглаживающего, цифрового фильтра в диапазоне рабочих частот, уровень шумовой составляющей удается уменьшить не более чем на 10-20%. При этом должны выполняться следующие требования к амплитудно-частотной характеристике выходного сигнала: фазовое запаздывание на рабочем диапазоне (1-5Гц), не более 18° и понижение амплитуды, измеряемой угловой скорости на полосе пропускания до 40Гц, не более 3Дб.

С целью снижения уровня шумовой составляющей при заданных требованиях параметров амплитудно-частотной характеристики микромеханических гироскопов, было разработано специализированное ПО, позволяющее производить снижение шумовой составляющей выходного сигнала гироскопа на заданный уровень, путем выделения из выходного сигнала шумовой составляющей и вычитания из неё заданного уровня понижения шума, используя промежуточное построение выходной характеристики основного сигнала. Исследования показали, что при использовании разработанного алгоритма можно добиться снижения уровня шумовой составляющей в диапазоне рабочих частот на 10-40%, при этом фазовое запаздыванием будет не более 3°, а снижение амплитуды будет менее 3Дб.

Комплексный метод учета погрешностей микромеханических приборов

Воробьев Д.Н.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Акилин В.И.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
vorobievdn@gmail.com

В настоящее время в России и за рубежом активно проводятся работы по созданию приборов и систем летательных аппаратов на базе микромеханических датчиков. Основными преимуществами таких измерительных устройств являются их малые габариты, высокие надежность и долговечность, низкое энергопотребление, хорошие вибро- и ударная устойчивости, низкая стоимость. К недостаткам следует отнести их сравнительно невысокую точность и существенную зависимость выходных параметров от условий окружающей среды, в первую очередь – температуры. Кроме того, дрейф нулевого сигнала в запуске и погрешность от пуска к пуску также существенно ухудшают точностные показатели датчиков.

Каждый из перечисленных видов погрешностей требует индивидуального подхода к его компенсации. Тем не менее исследования показали, что существенное повышение технических характеристик возможно при комплексном подходе к учету указанных погрешностей, сущность которого заключается в следующем:

На первом этапе осуществляют калибровку датчиков в процессе их изготовления. Выходными данными калибровки являются коэффициенты, которые записываются в микроконтроллер датчика для дальнейшего учета температурной зависимости в процессе эксплуатации.

Вторым этапом учета погрешности является компенсация ошибки от пуска к пуску. Для учета данной ошибки в момент запуска прибора в процессе эксплуатации фиксируют

нулевой сигнал, а затем производится учет этой погрешности с учетом характера изменения постоянной составляющей от температуры, зависящей от типа датчика.

На третьем этапе производится учет медленно меняющейся составляющей дрейфа в процессе эксплуатации, путем выделения погрешности из выходного сигнала. Для этого осуществляют выделение сигнала, путем фильтрации шумовой составляющей, и его сравнение с порогом чувствительности датчика, затем осуществляют определение изменение сигнала на низкой частоте (до 0.1Гц), которые считаются медленноменяющимся дрейфа. Выделенный сигнал вычитается из входной величины и результат поступает потребителю.

Экспериментальные исследования микромеханических датчиков, разработанных в ПАО «МИЭА», подтвердили высокую эффективность комплексного метода учета погрешностей.

Разработка лазерной беспроводной системы передачи информации «Бимкастер»

Газизова А.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н Могильная Т.Ю.
МАИ, каф ТППИСУЛА
Gazizovaaysylu95@gmail.com

В настоящее время беспроводные системы передачи информации на базе лазерных технологий из-за высокой пропускной способности, устойчивости к электромагнитным помехам и высокого уровня информационной безопасности, обусловленной физической неспособностью оптического луча к проникновению через стены или непрозрачные объекты занимают одно из ведущих мест в мире в области передачи информации. Существуют два основных типа оптических коммуникационных систем для помещений – системы рассеянных лучей и системы прямого визирования. Системы рассеянных лучей имеют несколько достаточно крупных недостатков, такие как: добавление шумов от солнечного света и негативное влияние на кожу и глаз. С этой точки зрения системы прямого визирования более эффективны, однако требования прецизионного выравнивания луча ограничивает более широкое использование таких систем. Для того, чтобы преодолеть эти ограничения, была разработана лазерная беспроводная система передачи информации, использующая микроэлектромеханические (MEMS) зеркала для активного точного выравнивания «Бимкастер». В качестве базовой основы для разрабатываемой системы была выбрана система P2P. Система P2P работает на основе технологии SFP.

Система беспроводной оптической передачи данных БимкастерP2P предназначена для передачи данных по беспроводному оптическому каналу на скоростях до 1 Гбит/с (в дальнейшем – до 10 Гбит/с) на расстояния до 100 м. Передача осуществляется в окружающем воздушном пространстве двумя модулями P2P, предварительно сориентированными друг на друга с помощью системы выставки по оптическим осям. В качестве источника излучения используется полупроводниковый лазер и светодиод на лазерных гетероструктурах. Задача осложняется тем, что существующая на данный момент оптическая схема позволяет устойчиво передавать информацию только на 40 метров. При этом возникают следующие проблемы: мощность лазера ограничена первым классом опасности; низкие показатели точности, воспроизводимости и устойчивости сигнала в атмосфере. Помимо этого, используемый лазер является многомодовым, что влияет не только на волновые аберрации, но также на точность юстировки в рабочей зоне. Для устранения вышесказанных проблем были проведены эксперименты на больших скоростях. При этом выявлено, что увеличение мощности заметно увеличивает стоимость разработок.

Данная работа направлена на разработку новой оптической схемы, а именно выбора системы линз и повышения точности обрабатываемого сигнала, с целью его реализации на расстояние 100 м и повышения точности, воспроизводимости и устойчивости передаваемого сигнала. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- патентный поиск;

- маркетинговое исследование;
- произведены расчеты базового варианта схемы;
- проведены предварительные экспериментальные исследования и определена константа затухания для данной системы.

Активаторная система на основе ПКМ с эффектом памяти формы для раскрытия солнечных панелей в малых космических аппаратах, нано и пикоспутниках

Галушка В.А., Фисенкова Д.В., Шаталин А.А.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Жуков А.А.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
vendstik@gmail.com

В настоящее время ведущими индустриальными державами проводятся широкомасштабные разработки малых космических аппаратов, нано и пикоспутников, обеспечивающих широкие функциональные возможности при уменьшенных массогабаритных характеристиках по сравнению с традиционными космическими аппаратами (КА). Очевидно, что в связи с уменьшением размеров КА возникает техническое противоречие между массогабаритными характеристиками аппаратов и известными активаторными системами раскрытия солнечных панелей. Решением данной задачи может быть разработка активаторных систем с уменьшенными массогабаритными характеристиками, например: активаторная система, функционирующая на основе полимерного композиционного материала из углепластика с эффектом памяти формы. В этой связи работа по созданию малогабаритной активаторной системы раскрытия солнечных панелей для малых космических аппаратов, нано и пикоспутнико является актуальной. Целью работы является разработка модели распространения тепла в пластине полимерного композиционного материала с эффектом памяти формы и проектирование взаимного расположения компонентов системы. Задачи, решение которых обеспечивает достижение поставленной цели: поиск, анализ научно-технической информации о внешних условиях в открытом космосе и работоспособности конструкции в заданных условия; создание модели распространения тепла в системе; проектирование – расчеты, подтверждающие работоспособность конструкции и эскизное проектирование конструкции. В результате работы сформулированы технические требования, исходные данные к моделированию, разработана модель распространения тепла в пластине полимерного композиционного материала с эффектом памяти формы, проявляющимся при температуре 120 °С, что является приемлемым для эксплуатации в условиях открытого космического пространства. В состав активаторной системы входит: непосредственно пластина, тонкопленочный термистор, пленочный нагреватель, пленочный датчик, фиксирующий раскрытие пластины, и полиимидный шлейф, обеспечивающий электрическое соединение в электронной схеме. Выбор комплектации осуществлялся с учетом условий эксплуатации (температурный диапазон от -65 до + 125 °С), а взаимное расположение электронных компонентов – с учетом распределения тепла по пластине во время деформации. Показано, что максимальная температура достигается в зоне крепления пленочного нагревателя при радиусе кривизны исходной пластины 12 мм. Приведенное усилие, развиваемое активатором, составляет 10 Н на две десятые метра ширины пластины. Тонкопленочный термистор и пленочный датчик, фиксирующий раскрытие пластины расположены вне зоны нагрева. Полиимидный шлейф проходит по двум поверхностям по периметру пластины. Конструктивно компоненты крепятся на поверхности пластины с применением высокотемпературного адгезива ВК-36. Проведены расчеты, подтверждающие работоспособность конструкции, спроектирован эскиз конструкции. Полученные предварительные результаты позволяют обоснованно подходить к реализации активаторной системы на основе ПКМ с эффектом памяти формы для раскрытия солнечных панелей в малых космических аппаратах, нано и пикоспутниках.

Метод коррекции дисбалансов приборов комбинированным лазерофизическим воздействием с использованием элементов с «Эффектом памяти»

Гладкий С.И., Коноплев А.Н.
Научный руководитель – ст. преподаватель Матюхин Д.И.
МАИ,каф. ТППИСУЛА
tppisula@mail.ru

Обеспечение качества, долговечности, конкурентоспособности на отечественных и международных рынках современных приборов, имеющих в своем составе вращающиеся и колеблющиеся детали и узлы, такие как: гироскопы различных типов, различные двигатели, электроизмерительные и другие приборы, связанно со степенью их сбалансированности. Качественная балансировка современных приборов - это многоплановая задача, решение которой зависит от точности и производительности определения дисбалансов и эффективности их коррекции. С другой стороны, на качество приборов оказывает влияние стабильность остаточных дисбалансов в процессе эксплуатации приборов в условиях изменения окружающей среды. Изменения окружающей среды приводят к изменению дисбалансов и, как следствие, к изменению точности прибора в целом. Это делает перспективным решение задачи создания новых методов, обеспечивающих эффективную балансировку и стабилизацию дисбалансов.

Исследования показали, что одним из наиболее перспективных методов балансировки является метод с применением в качестве балансировочных элементов пластин с «Эффектом памяти», которые при местном нагреве лучом лазера изменяют по определенным законам свою форму и осуществляют изменение положения центра масс балансируемого изделия в требуемом направлении.

Нагрев пластин лучом лазера позволяет производить балансировку изделия, как на воздухе, так и через прозрачные среды в жидкости, без ощутимых воздействий лазерного излучения на опоры изделия. Балансировка осуществляется бесконтактным способом. Результаты исследований показывают, что разработка метода коррекции дисбаланса лучом лазера и широкое применение вычислительной техники обеспечивают автоматический цикл производительной балансировки.

Система управления ориентацией модели в рабочей зоне 3D принтера

Горелов А.О.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Неретин Е.С.
МАИ, каф. 301
2652045@gmail.com

При рассмотрении влияния ориентации модели в рабочей зоне 3D принтера на качество поверхности, экспериментально доказана работоспособность идеи о необходимости управления ориентацией модели, что в свою очередь вызывает необходимость решения сопутствующих проблем при создании алгоритмов и программного обеспечения (ПО), предназначенного для непосредственного ориентирования модели и оценки полученных результатов [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Актуальность этой работы обуславливается тем фактом, что на стоимость детали, полученной методом 3D печати, влияет не только стоимость самого изготовления, но и стоимость и время последующей финишной обработки.

Поскольку для работы с 3D моделями используется STL формат, описывающий поверхность изделия набором треугольников, то при конвертации модели в этот формат силами САПР зачастую вносятся ошибки в STL файл, такие как незамкнутый контур и неверная ориентация треугольников, что в свою очередь делает работу алгоритмов ориентирования затруднительной, неточной, а иногда невозможной. По этим причинам необходимо предварительно обнаруживать возможные дефекты модели в STL формате.

Для оптимизации качества поверхности готового изделия и сведения к минимуму последующей финишной обработки поверхности необходимо проанализировать модель и изменить ее ориентацию так, чтобы максимизировать количество элементов, находящихся

в горизонтальной плоскости или близкой к вертикальной плоскости, и, одновременно минимизировать количество элементов, под которые необходимо выращивать поддерживающие структуры [2].

Для решения поставленной задачи разработан алгоритм, позволяющий управлять ориентацией модели в 3D принтерах, работающих по технологии наплавления.

Модель изделия в формате STL загружается, выполняется проверка на ошибки. В случае успешного прохождения проверки, выполняется расчет параметров модели: габаритные размеры, объем, площадь поверхности. Поскольку эти параметры не зависят от положения модели, их расчет выполняется однократно. Также рассчитываются площади поверхностей элементов модели, которые сориентированы горизонтально или близко к вертикальной плоскости, площади поверхностей модели, для которых необходимо выращивать поддерживающие структуры.

В дальнейшем модель разворачивается вокруг осей OX и OY на угол, заданный пользователем в настройках. После каждого поворота расчет площадей поверхностей элементов модели повторяется. Итерации продолжаются, пока не выполнится поворот модели на 360º.

После завершения всех итераций, программа выводит пользователю список углов поворота модели, отсортированный по оптимальности по убыванию степени предпочтительности.

Инновационные методы в сборочных процессах производства печатных плат аппаратуры авиакосмического назначения

Григорьева А.В.
Научный руководитель – к.т.н. Епанешникова И.К.
МАИ, каф. УИ
anastasiagv7@gmail.com

На сегодняшний день, необходимым условием для эффективной деятельности аэрокосмического предприятия является целесообразное построение организационной, производственной и процессной структуры.

Неотъемлемой частью инновационного будущего аэрокосмического комплекса является рациональное использование места на кораблях в безвоздушном пространстве. Существенное влияние на центровочные характеристики космических аппаратов оказывают характеристики приборов систем управления и обеспечения жизнедеятельности. Подробнее эти вопросы рассмотрим на примере прибора системы управления движения изделия, который должен быть выполнен в виде моноблока, состоящего из печатной платы и корпуса. Прибор должен обеспечивать следующие требования, чтобы исправно функционировать:

- живучести и стойкости к внешним воздействиям;
- иметь ресурс работы указанный в техническом задании;
- конструкция должна иметь минимальные размеры и массу;
- конструкция должна обеспечивать удобство при эксплуатации.

Стандартное исполнение печатных плат: гибко-жесткое с размещением разъемов на гибких шлейфах для закрепления их на корпусе и обеспечения возможности корректировки неточности изготовления составных частей за счет большей длины шлейфов. При этом наличие гибкой части печатной платы имеет ряд недостатков:

- короткий срок эксплуатации, так как шлейф, к которому припаян разъем, подвергается повреждениям и выдерживает меньшие нагрузки;
- плата и прибор имеют большие габариты;
- стоимость изготовления гибко-жесткой платы выше, чем аналога без гибкой части.

Для обеспечения поставленных требований было предложено заменить старые штыревые разъёмы со шлейфом на разъемы, которые планарно припаиваются к печатной плате. Целью замены разъемов является улучшение эксплуатационных показателей

изделия в целом. Внедрение нового разъема потребует решения ряда задач, а именно: разработки технологического оснащения для операции сборки печатной платы; разработки нового корпуса с меньшими габаритами; и как следствие дооснащения участка сборки и монтажа приборов.

Реализация новых сборочно-монтажных процессов позволит уменьшить массогабаритные параметры, увеличить время эксплуатации и повысить надежность приборов.

Универсальная система регистрации данных с тензодатчиков

Елисеев А.Н., Локтев М.А
Научный руководитель – Васильев Ф.В.
МАИ, каф. 307
eliseev.Anton96@yandex.ru, misha_loktev@mail.ru

Во многих отраслях промышленности необходимо измерение размера деформации. Для таких целей применяется тензодатчик, который помогает преобразовать уровень деформации в электрический сигнал и применяется как комплектующее изделие в весах, весодозирующих и силоизмерительных устройствах.

Целью разработки системы является задача регистрации данных, полученных в результате различных экспериментов, где необходимо измерить усилие, с которым тело давит на опору или растягивает подвес. В ходе работы выявлена проблема нечувствительности электронных компонентов, в том числе микроконтроллеров, к значениям напряжения получаемых с тензодатчиков так, как их значения находятся в диапазоне мкВ. Аналого-цифровой преобразователь микроконтроллера рассчитан на работу со значениями напряжения от 0 до 5В. В связи с этим использован инструментальный операционный усилитель с униполярной схемой включения, который усиливает полученные значения с высоким коэффициентом усиления по напряжению, вводя сигнал в зону чувствительности микроконтроллера.

Реализовано многоканальное устройство для работы с тензодатчиками на базе платформы микроконтроллера фирмы AVR, которое позволяет сравнивать или складывать значения с датчиков в зависимости от цели проводимых экспериментов. После чего возможна отправка данных в последовательный порт компьютера, использующийся для передачи данных согласно протоколу RS-232.

Для удобства дальнейшего анализа разработано программное обеспечение, позволяющее записывать данные с COM порта в типизированный файл и параллельно строить графики на основе значений, полученных в ходе эксперимента.

Система эффективно использовалась в научно-лабораторных исследованиях, в которых регистрировались значения усилия, оказываемого сверлом на печатную плату в процессе сверления. На основе полученных результатов проводился анализ состояния сверла.

В результате разработан комплекс, состоящий из устройства и программного обеспечения, который облегчает проведение научных исследований и экспериментов, экономит время подготовки к работе, формирует типизированные данные удобные для последующей обработки.

Методы управления экзоскелетами

Зазеркин А.С., Санакина С.А.
Научный руководитель – к.т.н. Иванов Н.С.
МАИ, каф. 310
sonjasan98@mail.ru

Возможности современной науки и техники позволяют создавать силовые каркасы для человека (экзоскелет), предназначенные для восполнения утраченных двигательных функций или увеличения силы мышц за счет внешнего каркаса и приводов. Такие экзоскелеты позволяют частично или даже полностью парализованным людям передвигаться посредством дополнительных приборов. Вопрос управления экзоскелетом

является довольно важным, так как необходимо создать единую систему человек-каркас, чтобы экзоскелет стал актуальным средством передвижения, то есть синхронизировать его возможности и желания человек. На данный момент можно выделить основные методы управления экзоскелетом:

1) Снятие мозговой активности. Головной мозг состоит из миллионов нейронов, каждый из них способен самостоятельно генерировать нервные импульсы и передавать их на соседние нервные клетки. Изменения регистрирует электроэнцефалограф, который состоит из электродов, соединенных с компьютером. Электроды улавливают нервные импульсы, передают их на компьютер, который усиливая сигналы, отображает их на мониторе в виде волн.

2) Анализ мышечной активности. Электромиограмма (ЭМГ) – это электрический сигнал мышц, который регистрируется электродами, фактически запись потенциалов действия мышечных волокон, которые заставляют её сокращаться. Существуютразличные типы: внутримышечные (игольчатые электроды), поверхностные электроды одно или биполярные. Поверхностная электромиограмма суммарно отражает разряды двигательных единиц, вызывающих сокращение. Регистрация ЭМГ позволяет выявить намерение начать движение за несколько секунд до его реального начала.

3) Анализ нейронной активности. Активность одиночного нейрона регистрируется с помощью микроэлектродов, кончик которых имеет от 0,1 до 1 микрона в диаметре. Электроды вводятся в разные отделы головного мозга, фиксируются, соединяются с комплексом усилитель – осциллограф и наблюдается электрический разряды нейронов.

Данные методы имеют один минус: инвазивность. Кроме того, при полной парализации всего тела, исключая мышцы головы, нет возможности использовать два из выше перечисленных методов. Альтернативой указанным методам может служить система, состоящая из сенсорного управления на поверхности пластины, использующейся в стоматологии и размещенной на небе пациента, и датчика, расположенного на кончике языка. Поверхность пластины может быть разделена на 3 отделения, отвечающие за определенные участки экзоскелета: правая рука, левая рука, ноги. Однако, на пути реализации данной идеи возникает ряд трудностей, а именно наличие случайных касаний датчика и сенсора, регулирование скорости передвижений, точность управления. Большая часть из указанных проблем может быть исключена с помощью схемотехнических решений и программного обеспечения системы управления. В работе приведены принципиальные схемы таких систем, проведен выбор чувствительных элементов и анализ материалов, которые могут быть использованы в составе пластины-сенсора.

Струйные датчики и системы измерения инерциальных параметров на основе струйно-конвективных преобразователей

Залялетдинов Н.Д., Лабенский Ю.В., Тюрина М.М.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Порунов А.А.
КНИТУ–КАИ, каф. ПИИС
labenskii1995@mail.ru

Датчики и системы измерения (ДиСИ) инерциальных параметров (ИП) высокоманевренных подвижных объектов (ВПО) играют решающую роль в задачах управления и стабилизации как углового, так и траекторного положения в инерциальном пространстве. В настоящее время эти задачи решаются за счет применения ДиСИ, построенных на основе микромеханических принципов и схем [1], базирующихся на различных физических принципах. Анализ этих принципов построения показывает, что разработка Д и СИ ИП предыдущих поколений в ряде применений исчерпали возможности повышения своих характеристик, а доминирующие в настоящее время микроэлектромеханические Д и СИ ИП еще достаточно технологически сложны и в силу ограниченной точности и высокой механической и климатической чувствительности, ограничивающих надежность [1], требуют, как правило, тройного резервирования.

Принцип действия струйных Д и СИ ИП, измеряющих составляющие вектора угловой скорости, основан на изменении пространственного положения центра

параболического профиля затопленной ламинарной струи, формируемой в результате циркуляции потока газа или жидкости в замкнутом объеме рабочей камере, под воздействием составляющих угловой скорости [2]. Это отклонение струи относительно системы проволочных анемочувствительных элементов, входящих в струйно-конвективные преобразователи. Это осуществляется за счет теплового эффекта, возникающего в результате взаимодействия струи с двумя дифференциально включенными анемочувствительными элементами [2].

Достоинством струйных ДиСИ является высокая стойкость к механическим воздействиям, уменьшенное время готовности к работе, а также расширенные функциональные возможности за счет использования принципов многоканальности, обеспечивающих приемлемую компактность конструктивного исполнения. Так например, трехкомпонентный струйный датчик угловой скорости [3] позволяет измерять угловую скорость в трех плоскостях *xoz*, *yoz* и *xoy*, то есть составляющие a_x, a_y и a_z, которые могут быть измерены в различных диапазонах, определяемых геометрическими параметрами базовых конструктивных элементов, а замкнутая пневматическая цепь внутри датчика повышает точность измерения за счет сохранения параметров течения газа в обеих рабочих камерах.

Представленные в работе принципы и схемы построения ДиСИ ИП позволяют сделать вывод о возможности их применения для информационного обеспечения как высокоманевренных подвижных объектов воздушного и наземного базирования.

Исследование износа мелкоразмерных сверл

Зве Маунг Маунг
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ванцов С.В.
МАИ, каф. 307
zwemaungmaung@gmail.com

В изделиях авионики одним из наиболее используемых изделий являются разного рода печатных платы, при изготовлении которых требуется получение большого количества монтажных и переходных отверстий диаметром от 0,1 до 1,5 мм. Для этого применяются мелкоразмерные твердосплавные сверла, критическим параметром использования которых является износ режущих кромок сверла. Процесс износа усугубляется наличием в композиционном материале диэлектрического основания печатных плат стекловолокна, твердость которого существенно выше твердости эпоксидного связующего, а расположение волокон внутри наполнителя является случайным. Вместе с тем износ режущих кромок приводит к повышению температуры в зоне резания: чем больше износ, тем больше температура. Степень нагрева сверла лимитируется температурой стеклования эпоксидного наполнителя, превышение которой приводит к размягчению наполнителя и, как следствие, к появлению дефектов просверленных отверстий в виде наплывов, буртиков, отслоений фольги, остекловыванию поверхности отверстия и т.д.

Процесс износа косвенным образом можно контролировать с помощью наблюдения за изменение усилия подачи сверлильного станка в ходе получения монтажных отверстий. Для этого было разработано устройство на базе четырех тензодатчиков. Для повышения чувствительности измерительной устройства была использована мостовая схема включения датчиков. Результаты измерения усилия подачи фиксировались с помощью осциллографа с последующей обработки данных на компьютере. Эксперимент показал увеличение усилия подачи при сверлении отверстий на предельном, заявленном поставщиком сверл, ресурсе более чем на порядок по сравнению и исходным усилием при сверлении острым сверлом.

Тепловизионный модуль

Зернова А.М, Сафаров М.У., Сулаймонов Н.Ш.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Беляева М.М.
РГАТУ им. П.А. Соловьева, каф. РТС
sulaymonov0001@mail.ru

В настоящее время для аэрофотосъемок, патрулирования и т.д. нашли широкое применение беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Применение тепловизионных приборов наблюдения позволяет обнаружить самые незначительные объекты, излучающие электромагнитные волны инфракрасного спектра. Это обуславливает эффективность их применения в условиях плохой видимости, в ночное время. Проблема разработки миниатюрных тепловизионных приборов с повышенной вибро- и термоустойчивостью является актуальной. Разработан тепловизионный модуль на основе неохлаждаемой микроболометрической матрицы размерностью 640×480 пиксел. Распределение температуры исследуемого объекта сохраняется в памяти устройства управления БПЛА или в режиме реального времени по радиоканалу передается на наземный пункт управления и выводится на дисплей монитора как цветовое поле, где определенной температуре соответствует определенный цвет. Температура, воспринимаемая тепловизионным модулем, находится в диапазоне от 5 до +70^{o}C, при чувствительности -7,85мВ/^{o}C. Длина волн, которые улавливает тепловизионный модуль, находится в пределах 8 – 14 мкм. Принцип работы тепловизионного модуля заключается в том, что объектив собирает инфракрасное излучение на приемнике излучения - микроболометрической матрице. Полученный аналоговый сигнал преобразуется в цифровой, обрабатывается электронными схемами с целью фильтрации, компенсации дефектных пикселей и преобразования в видеосигнал. В результате формируется тепловизионный видеосигнал с частотой до 60 кадров в секунду. Конструктивно модуль выполнен в виде трех печатных узлов. Первый узел формирует опорные напряжения питания и смещения для микроболометрической матрицы. Основное назначение второго узла – обработка тепловизионного сигнала. Основная обработка в виде фильтрации, коррекции и формирования видеосигнала осуществляется программируемой логической интегральной схемой (ПЛИС). Третий узел формирует ряд постоянных напряжений питания, а также содержит контроллер питания и буферные усилители выходного видеосигнала. При конструировании модуля особое внимание уделялось обеспечению жестких требований к массогабаритным параметрам и энергопотреблению. Поэтому использована современная микроминиатюрная маломощная элементная база с относительно широким диапазоном рабочих температур. В качестве основного конструкционного критерия выбрана минимизация габаритов печатных узлов с целью получения возможности вариации конструктивного исполнения корпуса. Для повышения уровня экранирования от электромагнитных помех применены экранирующие слои печатных плат, а также межузловое экранирование деталями корпуса. Конструкция корпуса обеспечивает высокую жесткость и эффективный теплоотвод от внутренней нагретой зоны. Высокого уровня микроминиатюризации удалось достичь за счет того, что детали корпуса выполняют роль несущей конструкции, радиатора, экрана для защиты электромагнитных помех. Главными особенностями разработанного тепловизионного модуля являются: более высокая разрешающая способность по сравнению с аналогами; отсутствие необходимости в специальных устройствах поддержания температуры микроболометрической матрицы; низкое энергопотребление; малые габариты и вес. При незначительной доработке конструкции тепловизионный модуль может найти применение в системах охраны, медицине, при автоматизации технологических процессов и т.д.

Разработка системы виброзащиты для бесплатформенных инерциальных навигационных систем

Илиеш Д.В., Кудасов С.В., Сорокин В.С
Научный руководитель – проф., к.т.н. Акилин В.И.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
dragon_263rus@mail.ru

В настоящее время широкое распространение получили системы инерциальной навигации на основе лазерных гироскопов и кварцевых акселерометров. Данные системы сочетают в себе как инерциальную часть, так и спутниковую, обеспечивая взаимозаменяемость. Одной из таких систем является бесплатформенная инерциальная навигационная система семейства БИНС-СП, разработкой которых занимается Московский институт электромеханики и автоматики (МИЭА).

В процессе эксплуатации системы на летательных аппаратах различного типа были выявлены отказы по повышенному уровню собственной вибрации. Происходило ухудшение точностных характеристик инерциальных систем.

Причиной вибрационного воздействия являлись силовые установки летательных аппаратов. Спектр вибрационного воздействия содержал синусоидальную вибрацию, частота которой совпадала с резонансной частотой амортизационной системы блока чувствительных элементов (БЧЭ) БИНС-СП, что отрицательно сказывалось на работе БЧЭ и всей системы в целом. Наиболее сильно вибрационное воздействие проявлялось на летательных аппаратах с винтовыми двигателями.

В связи с этим была поставлена задача устранить выбранные дефекты. Решение требовало нетрадиционного подхода, так как конструкция системы и её виброзащита утверждены заказчиками и не подлежат изменению. В результате была использована внешняя низкочастотная амортизация, позволившая значительно снизить влияние внешнего вибрационного воздействия на систему.

Внешняя вибрационная защита БИНС-СП выполнена на основе амортизирующей платформы (ПА). Платформа представляет собой пространственную конструкцию с четырьмя с низкочастотными резинометаллическими амортизаторами типа АП-2, установленными на уровне центра масс БИНС-СП и на равных расстояниях от него.

Эффективность ПА была подтверждена при испытаниях БИНС-СП в МИЭА на вибрационном стенде и существующих летательных аппаратах, при этом погрешности БИНС-СП в условиях действия вибрации не выходили за пределы требований ТУ.

Данная платформа позволила успешно бороться с внешними вибрационными воздействиями и может быть применена на летательных аппаратах различных конфигураций. В перспективе разработанную ПА рекомендуется использовать в качестве основы при разработке систем виброзащиты.

Структура и электрические свойства ионно-индуцированных модификаций поликристаллического алмаза

Казаков В.А.[1], Морковкин А.И.[2,3 *], Овчинников М.А.[1,3]
Научный руководитель – профессор, д.ф-м.н. Борисов А.М.[1]
[1]МАИ, каф. ТППИСУЛА
[2]МГУ, каф. ФАЯиКТС
[3]НИИЯФ МГУ, ОФАЯ
*andrey-morkovkin-msu@yandex.ru

Структура и электрические свойства алмазных материалов могут сильно зависеть от температуры ионно-лучевой и термической обработки. Выбирая режимы ионного облучения и термической обработки можно получить, например, алмаз n-типа проводимости. Алмазы после данной обработки находят свое применение в виде автоэмиссионных электронных источников, электрохимических электродов, а так же как детекторы ионизирующего излучения. В данной работе анализируются картины дифракции быстрых отраженных электронов и температурные зависимости

электросопротивления поверхностного слоя R_s поликристаллического алмаза после высокодозного ($\geq 10^{18}$ ион/см^2) облучения ионами Ar^+ энергии 30 кэВ при различных температурах ионно-лучевой и термической обработки из интервала от 20 до 400^{o}C. Образцы поликристаллического алмаза, выращенного CVD-методом, облучали при нормальном падении ионов Ar^+ с энергиями 10 - 30 кэВ на масс-монохроматоре НИИЯФ МГУ. Температуру мишени варьировали от T = 20 до 400^{o}C. Мониторинг ионного облучения проводили путем регистрации тока ионов и электронов для определения флуенса облучения. Исследования модифицированного слоя производили при помощи дифракции быстрых электронов на отражение и на установке Nanometrics HL5500, позволяющей измерять электросопротивление поверхностного слоя *Rs* в диапазоне температур от жидкого азота до комнатной. Для сопоставления удельных сопротивлений облученных слоев $\rho = R_s \cdot t$ их толщину t оценивали путем моделирования профиля вакансий в каскадах соударений с помощью программы SRIM. Условия с наиболее характерными случаями модифицирования алмаза выбирали из ранее полученных результатов эксперимента, а именно для значений слоевого сопротивления R_s в интервалах экспоненциального падения (облучение при T = 30 и 120^{o}C), выхода на плато (облучение при T = 220^{o}C), а также для значения слоевого сопротивления алмаза, облученного при T = 30^{o}C и отожженного при T = 320^{o}C. В результате анализа дифракционных картин выявлена аморфная (облучение при T = 30^{o}C) и соответствующая графиту (облучение при T = 220^{o}C) кристаллическая структура модифицированного слоя. Проанализированы температурные зависимости электросопротивления R_s, измеренные методом Ван-Дер-Пау в интервале от T = 100 до 300 К. Постоянство сопротивления для случая облучения при T = 220^{o}C говорит о металлическом характере проводимости модифицированного слоя, в отличие от трех других условий облучения. Для определения механизма проводимости в этих условиях, температурные зависимости слоевых сопротивлений были переведены в зависимости удельных сопротивлений и перестроены в шкалы линеаризации, соответствующие температурной активации примесной проводимости и прыжковой проводимости. Линейность построенных кривых свидетельствует о механизме прыжковой проводимости поверхностного слоя алмаза после высокодозного ионного облучения. Этот механизм обуславливает проводимость алмаза облученного при T = 30 ^{o}C, при его последующей термической обработке при T = 320^{o}C, и при облучении при T = 120^{o}C, то есть во всех случаях, когда электросопротивление слоя существенно превышает электросопротивление графитоподобных материалов.

Система измерения параметров электропитания

Казаков С.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Васильев Ф.В.
МАИ, каф. 307
ankarum@mail.ru

В настоящее время уровень индустриального развития довольно высок. Зачастую многие объекты производств, корпораций, заводов имеют нецентрализованное расположение и работают автономно, без участия человека. Поскольку всё электронное оборудование является энергозависимым, то для его стабильного функционирования требуется постоянный мониторинг параметров электропитания.

Решением указанной проблемы может служить система измерения параметров электропитания. Она измеряет параметры электросети и отправляет данные на сервер, что позволяет отслеживать параметры электропитания в реальном времени с любого устройства, имеющего доступ в интернет, а также удаленно отключить питание в случае сбоя, аварий.

База данных, хранящаяся на сервере, позволяет получать информацию о параметрах электропитания за требуемый отрезок времени в виде графиков.

Система осуществляет передачу данных на сервер при помощи GSM/GPRS модуля, что позволяет устанавливать её в любое место, где имеется сотовая связь. Также

использование GSM модуля позволяет отправлять SMS сообщения владельцу установленной системы в случае нештатных ситуаций, таких как падение напряжения до критически малых значений.

Питание системы осуществляется за счет электросети, на которую она установлена, а на случай отключения питания на систему установлен автономный источник питания, таким образом, система успевает отправить сигнал об отключении питания на сервер.

Измерение тока осуществляется при помощи трансформатора тока, поскольку он предоставляет гальваническую развязку и позволяет работать с большими токами. Для измерения напряжения используется резистивный делитель из-за своей простоты и дешевизны.

Тестирование данного решения показало работоспособность, что позволяет применять ее не только в производстве, но и в бытовой сфере, поскольку многие люди имеют загородные дачи, гаражи и т.д., в которых остаётся включенным различное электронное оборудование и за стабильностью его работы тоже необходимо следить.

Разработка информационного обеспечения СМК эксплуатационно-ремонтного отдела приборостроительного предприятия

Карпушин А.А.
Научные руководители - доцент, к.т.н. Гребенюк Е.И., Оглоблин А.И.
МАИ, каф ТППИСУЛА
karpushin.a.a@yandex.ru

Внедрение системы менеджмента качества (СМК) является для организации стратегическим решением, которое может помочь улучшить ее показатели деятельности и создать надежную основу для инициатив по ее устойчивому развитию. Современные информационные системы организационного управления полностью реализуют принципы менеджмента качества стандартов ИСО 9000, которые фактически являются стандартами эффективной организации деятельности. В стандартах качества серии ГОСТ Р ИСО 9000 есть требования к информационному обеспечению СМК, необходимому для поддержки процессов, составляющих СМК, и их мониторинга. Указывается, что руководству необходимо обращаться с данными как с фундаментальным источником для преобразования в информацию и постоянного развития базы знаний организации, которая важна для принятия решений, основанных на фактах [1]. Информация о качестве изделий, аккумулированная в эксплуатационно-ремонтном отделе (ЭРО) предприятия, является важнейшим фактором постоянного улучшения. Рекламационная работа является одним из направлений деятельности ЭРО и включает в себя как восстановление рекламационных изделий у потребителей, так и организацию их анализа и ремонта на предприятии. Цель настоящей работы - разработка информационного обеспечения СМК по контролю ведения текущих рекламационных изделий предприятия. Для реализации цели на первом этапе был произведен анализ рекламационных изделий за прошедший год и разработан алгоритм движения рекламационного изделия на предприятии – изготовителе [2]. Информационное обеспечение представляет собой таблицу, разработанную в среде MS Excel. Выбор данного программного обеспечения связан с имеющимися возможностями и практикой применения программных продуктов конкретного предприятия. Структура таблицы демонстрирует полный процесс прохождения рекламационного изделия, поступившего на предприятие. При прохождении каждого этапа в соответствующей ячейке указывается номер документа, подтверждающий прохождение данного этапа, а сама ячейка окрашиваются в зеленый цвет. Полностью заполненная строка свидетельствует о том, что изделие успешно прошло все этапы исследования, восстановления и отгружено потребителю. Разработка информационного обеспечения системы менеджмента качества по контролю ведения текущих рекламационных изделий предприятия решила проблемы предоставления отчетов, расширила возможности анализа причин дефектов и позволила иметь видение текущего положения дел по рекламационным изделиям.

Литература.

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. ISO 9001:2015. Стандинформ. –М., 2015 32с.

2. ГОСТ РВ 15.703-2005 Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Порядок предъявления и удовлетворения рекламаций. Основные положения – 37 с.

Энергетический спектр гибридных полупроводниковых гетероструктур

Киселев В.О.
Научный руководитель – профессор, д. ф.-м.н. Игнатьев Ф.Н.
МАИ, каф. 407
vitkiselyov@gmail.com

Современный мир трудно представить без электроники, основу которой составляют полупроводниковые приборы. Постоянно ведущиеся исследования и разработки в области полупроводниковых приборов способствуют не только улучшению качеств имеющихся приборов, но и созданию новых видов техники. Одним из различий каждого полупроводникового прибора, определяющего его работу, является способ управления им. Самые распространённые способы – электрический и оптический. В данной работе рассматривается гетероструктура с возможностью оптического управления спектром электронных состояний структуры.

Предмет работы составляет исследование энергетического спектра гибридных наноразмерных короткопериодных полупроводниковых сверхрешёток с «элементарной ячейкой» вида A/B/R/B/A. Эти сверхрешётки разрабатываются в рамках развития элементной базы оптоэлектроники на новых физических принципах. Особенностью исследуемых сверхрешёток является одновременное присутствие гетеропереходов первого и второго типа, согласно существующей классификации гетеропереходов.

Выбор композитных материалов A,B,R, определяется, с одной стороны, планируемыми функциональными и спектральными характеристиками сверхрешётки, с другой, обеспечением их устойчивости. Примером подобной сверхрешётки является сверхрешётка с «элементарной ячейкой» InP/AlInAs/GaInAs/AlInAs/InP. Эта сверхрешетка проектировалась для работы в спектральном интервале (1.30…1.55 мкм), актуальном для волоконно-оптических систем передачи информации. Форма потенциального рельефа элементарной ячейки и материальные параметры составляющих её соединений выбирались так им образом, чтобы обеспечить оптическое управление спектром электронных состояний структуры.

Особенностью указанной структуры является возможность формирования зонных состояний в электронном спектре при наличии многоямных состояний в дырочном спектре.

Исследования ячейки гетероструктуры производились с помощью компьютерного моделирования. Были исследованы зависимости материальных параметров четверного соединения от молярных долей веществ, входящих в его состав, и выбраны оптимальные значения долей. Также произведено исследование воздействий различных энергий управляющего оптического излучения на исследуемую структуру.

Проведенные исследования свидетельствуют о перспективности представленной гетероструктуры для разработки квантового оптического конвертора.

Исследование возможности применения дисперсии Аллана для анализа точностных характеристик лазерных гироскопических датчиков

Козлова Е.С., Шарапов И.А.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Акилин В.И.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
gugor@list.ru

На сегодняшний день лазерные гироскопические чувствительные элементы являются наиболее широко распространёнными в качестве датчиков угловых положений в

составе бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС), применяемых для ориентации подвижных объектов (самолётов, вертолётов).

Для перспективных летательных аппаратов был разработан лазерный гироскопический датчик (ЛГД) нового поколения – малогабаритный цифровой блок лазерных гироскопических датчиков (БЛГД). Его основные преимущества по сравнению с выпускаемыми серийно ЛГД – малые габариты и цифровая архитектура, при близких точностных параметрах.

В связи с подготовкой нового БЛГД к постановке на производство и по результатам анализа данных серийно производимых ЛГД было решено оценить достоверность и глубину принятых методик оценки точностных характеристик лазерных гироскопических датчиков.

В настоящее время для оценки качества ЛГД проводят несколько длительных запусков в диапазоне рабочих температур. По результатам испытаний вычисляют с помощью специальных программ систематический дрейф, отклонения средних значений дрейфа в запуске и от запуска к запуску, среднеквадратичное отклонение (СКО) средних значений дрейфа в запуске, по которым судят о годности или негодности прибора. Подобный метод определения точностных характеристик является традиционным, однако он не позволяет выявить основной источник погрешности.

Таким образом, существующие методы оценки точностных характеристик ЛГД недостаточно информативны, поэтому для анализа результатов работы прибора предлагается применение метода дисперсии Аллана, который используется многими иностранными фирмами (Honeywell, Northrop Grumman, Sagem, Thales и др.).

Метод дисперсии Аллана позволяет не просто определить точность прибора, но и разделить её на составляющие (шум квантования, случайный дрейф угла, синусоидальный шум и др.) и оценить вклад каждой в общее значение, выявив тем самым основные источники погрешностей серийных и опытных образцов ЛГД. Кроме того, расчёт дисперсии Аллана не сложнее расчёта среднеквадратичного отклонения значений дрейфа, данный метод намного удобнее применять при анализе результатов работы датчика, так как по графику дисперсии Аллана, выполненном в двулогарифмическом масштабе, можно относительно легко определить влияние каждой погрешности на работу ЛГД.

В докладе описываются результаты сравнительных испытаний двух методик оценки точностных характеристик (традиционная и дисперсия Аллана) применительно к опытным образцам блока лазерных гироскопических датчиков, а также для одного образца серийного ЛГД. Проведённые исследования позволяют сделать вывод о перспективности введения дисперсии Аллана в технологические процессы проверки ЛГД для оценки точностных характеристик изделий.

Исследование физических характеристик паяльных паст применительно к сборке электронных приборов летательных аппаратов

Короткова А.С.
Научный руководитель – профессор, к.т.н Акилин В.И.
МАИ каф. ТППИСУЛА
sobieska_18@mail.ru

В настоящее время при производстве электронных приборов летательных аппаратов получила распространение технология поверхностного монтажа. Положительными качествами которой являются: уменьшение площади печатного узла, снижение затрат на производство, простота в автоматизации процессов, уменьшение человеческого фактора при производстве. Однако существуют технологические ограничения при сборке на участке поверхностного монтажа: микросхемы и компоненты с клеевым креплением, микросхемы и компоненты после ручного формования выводов, микросхемы и компоненты нестойкие к воздействию температуры. Установка компонентов по технологии поверхностного монтажа производится при помощи паяльных паст. С появлением на рынке паяльных паст отечественного производителя, обусловленным тенденцией импортозамещения проведены исследования по подбору,

опробованию и дальнейшему использованию данных паст. При выборе сплава учитывались следующие параметры: химический состав сплава, температуру плавления сплава, размер частиц сплава и прочность соединения. Несмотря на отдельные недостатки свинцовосодержащих паяльных паст, в ряде случаев необходимо их применение по рассматриваемой технологии. В частности, установлено, что ни один из бессвинцовых припоев не считается достойной заменой оловянно-свинцового, что обусловлено склонностью к возникновению дефектов при технологии поверхностного монтажа с помощью бессвинцовых припоев. Важными технологическими параметрами являются температура плавления сплава характер нанесения паяльной пасты и размер ее частиц. При выборе размера частиц следует обратить внимание на требования для нанесения паяльной пасты дозированием или трафаретной печатью. Использование паяльной пасты с крупным размером частиц при дозировании может вызвать трудности, для избегания этого следует подбирать размер частиц соответствующий диаметру иглы и выдавливаемого количества пасты на контактную площадку. Однако, использование пасты с малым размером частиц значительно дороже. Немаловажный фактор при подборе материала – выбор типа флюса, входящего в состав паяльной пасты. Выбранные с целью удовлетворения технических требований к электронным приборам была проведена экспериментальная отработка ряда паяльных. В качестве тестовых образцов были использованы платы из стеклотекстолита FR4 35/35 размерами 100х100 мм. Для данных плат разработана схема нанесения паяльной пасты. Критериями оценки качества нанесения паяльной пасты являлись дозы одинакового объема, отсутствие пропусков точек, непрерывное нанесение линии. При проведении экспериментальной отработки анализировались количество и характер возникших дефектов, которые соотносились к исследуемым паяльным пастам. При этом анализировались следующие виды разные объемы доз, неправильную форму точек или наличие тянущихся «хвостов», частичные пропуски точек. В качестве критериев соответствия изделий техническим требованиям были приняты следующие факторы: степень однородности получаемого соединения, результат оплавления пасты, отсутствие разводов и пятен после отмывки и другие показатели. По результатам практической отработки были сделаны рекомендации по выбору соответствующих паяльных паст для внедрения в производство.

Разработка и исследование малогабаритного лазерного гироскопа с вибрационной частотной подставкой

Кривопалов Д.М., Кудасов С.В.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Акилин В.И.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
mrkrivopalov@bk.ru

При создании бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) важную роль играют их массогабаритные характеристики при сохранении точностных параметров. Для использования в качестве чувствительных элементов БИНС в летательных аппаратах нового поколения был разработан малогабаритный цифровой лазерный гироскоп (МЛГ). За основу в МЛГ взят малогабаритный кольцевой лазер (МКЛ). В соответствии с техническим заданием на МЛГ он не должен уступать по основным точностным показателям серийному лазерному гироскопу (ЛГ).

В кольцевом лазере одним из определяющих параметров при обеспечении точностных характеристик является величина периметра каналов, в которых распространяется лазерное излучение. В разработанном приборе периметр имеет меньшие размеры, чем в серийном, поэтому, с соответствие с общей теорией кольцевого лазера его точность должна быть ниже, чем у серийного прибора, так как она прямо пропорциональна величине периметра. Отсюда следует, что для достижения в малогабаритном гироскопе равных точностных показателей с серийным прибором, имеющим большую величину периметра, потребовались определенные новые конструкторские и технологические решения.

В лазерных гироскопах при малых измеряемых угловых скоростях вращения основания в результате эффекта захвата (синхронизации) распространяющихся в противоположных направлениях лучей обусловлено рассеянием этих лучей, что практически приводит к зоне нечувствительности в зоне малых измеряемых скоростей. Существует несколько методов борьбы с этим явлением. Наибольшее распространение получил метод вибрационной частотной подставки (ВЧП), которая часто реализуется с помощью виброподвеса, представляющего собой электромеханический задатчик угловых колебаний. Параметры этого виброподвеса и являются в значительной степени решающими при влиянии на снижение зоны захвата. При разработке ВЧП в данном гироскопе закрепляется на упругом подвесе и с помощью электромагнитного или пьезоэлектрического моментного устройства подвергается принудительным угловым колебаниям.

Новая конструкция вибрационной частотной подставки, которая отличается от серийного гироскопа конструктивными решениями, применением других материалов, выбором других параметров вибратора. Основными отличиями МЛГ от ЛГ, помимо массогабаритных характеристик и точностных параметров, является то, что в МЛГ на выходе выдается информацию в цифровом виде, что исключает применение аналогово-цифровых преобразователей первичных измерителей информации, а первичный сигнал, снимаемый с кольцевого лазера можно сразу подавать на вычислительное устройство.

В докладе рассматриваются особенности конструкции разработанного виброподвеса, особенности преобразования измерительной информации, приводятся результаты экспериментов, полученных на опытной партии разработанных приборов.

Разработка методики и программного обеспечения для калибровки микромеханического датчика угловой скорости с цифровым выходом информации

Кузин Е.В.
Научный руководитель – проф., к.т.н. Акилин В.И.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
eugkuzin@gmail.com

Современные датчики угловой скорости на базе микромеханических гироскопов находят применение в гражданской авиации и беспилотных летательных аппаратах. В состав одноосного датчика угловой скорости с цифровым выводом информации входит микромеханический гироскоп, термодатчик и электронный блок преобразования информации. Выходной сигнал гироскопа зависит как от характеристик самого датчика, так и от температуры окружающей среды при эксплуатации. С целью компенсации погрешностей измерений на этапе изготовления прибора проводится калибровка ДУС в соответствии с разработанной методикой. Так как ДУС может эксплуатироваться в широком диапазоне температур от -60°С до +55°С, при калибровке определяются нулевой сигнал и масштабный коэффициент гироскопа при фиксированных базовых значениях температуры, а также коэффициенты температурной зависимости нулевого сигнала и масштабного коэффициента гироскопа в диапазоне между базовыми значениями. Для этого применяется встроенный термодатчик, показания которого учитываются штатной программой ДУС. На этапе калибровки также определяется нулевой сигнал термодатчика при базовой температуре 20°С и масштабный коэффициент термодатчика в относительных единицах. Полученная в результате калибровочная таблица с коэффициентами записывается в память прибора и используется штатной программой в процессе эксплуатации ДУС. Калибровка проводится на рабочем месте, в состав которого входят термокамера, оптическая делительная головка, поворотная установка, персональный компьютер и источник питания. Разработанная методика позволяет повысить автоматизацию процесса калибровки за счет использования технологического программного обеспечения, разработанного для этой цели. Технологическая программа выполняет ряд задач. В первую очередь обеспечивается связь с ДУС по цифровому каналу связи, использующему протокол RS-232. Выполняется прием измеренных показаний гироскопа и термодатчика, обработка данных и вычисление калибровочных

коэффициентов. Производится запись и чтение калибровочной таблицы в приборе с последующей проверкой контрольной суммы параметров. Кроме того, обеспечивается сохранение и учет данных по всем приборам, для которых проводилась калибровка, включая информацию о самом ДУС, калибровочную таблицу и результаты проверки ДУС после калибровки. Для хранения большого объема данных для каждого ДУС применяется встраиваемая реляционная база данных. Графический пользовательский интерфейс программы обеспечивает представление данных в виде таблиц и графиков, а также позволяет оператору полностью контролировать процесс калибровки. В совокупности, перечисленные достоинства разработанного технологического программного обеспечения позволяют упростить и автоматизировать процесс калибровки одноосного датчика угловой скорости. Программное обеспечение спроектировано с возможностью последующего расширения функционала. В частности, предусмотрена адаптация методики калибровки для трехместного рабочего места, позволяющего проведения калибровки трех датчиков угловой скорости одновременно.

Определение осевой неуравновешенности сферического ротора в магниторезонансном подвесе

Куликов А.С.
Научный руководитель – проф., к.т.н. Акилин В.И.
МАИ, каф ТППИСУЛА
k.saglog@mail.ru

В авиационно-гироскопических приборах, имеющих быстровращательные роторные системы, важную роль играет операция их балансировки.

Роторные системы, имеющие дефекты по остаточной неуравновешенности характеризуют повышение значения уровня собственной вибрации, следовательно, существенно меньший ресурс, а также более низкие точностные показатели.

Определение осевой неуравновешенности сферических роторов в бесконтактных подвесах на этапе окончательной балансировки и регулировки гироскопического прибора является трудоемкой задачей. Измерения проводятся в разреженных газовых средах на рабочих оборотах или близких к ним, что требует значительного времени для достижения необходимых условий. Определение осевой неуравновешенности осуществляется косвенным методом по дрейфу прибора. Однако, суммарный дрейф прибора связан не только с осевой неуравновешенностью ротора, но также и с влиянием моментов «тяжения» бесконтактного подвеса, вызываемых отклонением элементарных сил от нормали к поверхности из-за несферичности ротора на рабочих оборотах, называемых «корпусными» моментами.

Для выделения составляющей дрейфа, связанной с осевой неуравновешенностью, из суммарного дрейфа традиционно используется способ двух измерений - до и после «перекладки» ротора в корпусе прибора на 180^{o}, при этом дрейф, вызванный осевой неуравновешенностью изменяет свое направление, а составляющая дрейфа, связанная с «корпусными» моментами остается постоянной по величине и направлению.

Недостатком указанного метода является не только необходимость повторного измерения дрейфа прибора, но и повторного вакуумирования, а в ряде случаев и обезгаживания ротора, что существенно удлиняет процесс окончательной балансировки (например, для ротора, изготовленного из феррита с пористостью 8 – 10% операция обезгаживания занимает 22 – 25 часов, вакуумирование 4 – 5 часов).

Предложенная методика позволят определить осевую неуравновешенность ротора «за один пуск», отказавшись от операции «перекладки» ротора и связанными с этими затратами времени. Вместо этого производят три измерения дрейфа прибора ω_1, ω_2 и ω_3 на трех скоростях вращения Ω_1, Ω_2 и Ω_3 соответственно, близких к рабочей скорости вращения.

В докладе обоснована методика определения осевой неуравновешенности ротора гироскопа в магниторезонансном подвесе, позволяющая существенно повысить производительность процесса окончательной регулировки прибора.

Методы контроля качества паянных соединений для поверхностного монтажа

Куликов Н.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Васильев Ф.В.
МАИ, каф. 307
hoviux@gmail.com

В настоящее время всё острее ощущается необходимость в повышении контроля качества выпускаемой авиационной аппаратуры. Для проверки узлов печатной платы в целом, применяются несколько способов:

визуальный автоматизированный контроли;

внутрисхемное тестирование;

функциональное тестирование.

Все вышеперечисленные методы позволяют оценить качество изготовленной печатной платы, однако в большинстве случаев они не дают оценить качество сборки и пайки в целом. К примеру, мы не можем визуально проверить качество паянных соединений SMD компонентов, но отследить данный дефект позволяет лишь визуальный контроль с использование рентгеновского излучения, чтобы проверить невидимые глазу паянные соединения.

В данной работе, была поставлена задача рассмотрения уже имеющихся методов проверки паянных соединений печатной платы и создание программного обеспечения, позволяющего производить анализ рентгеновских изображений паянных соединений, с целью нахождения дефектных.

В результате данный работы:

- создана база рентгеновских изображений дефектных паянных соединений для SMD компонентов;
- создана классификация дефектных паянных соединений в базе рентгеновских изображений;
- разработано программное обеспечение распознавания дефектных паяных соединений SMD компонентов.

Применение методологии Парето при контроле качества электронных блоков авиационных приборов

Курушин Р.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Гребенюк Е.И.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
karpushin.a.a@yandex.ru

Статистические методы контроля качества применяются как на различных стадиях жизненного цикла продукции, так и при решении производственных проблем. Фактически статистический контроль является частью механизма управления качеством и реализуется таким образом, чтобы он был технологически сопрягаем с остальными элементами системы менеджмента качества.

Для анализа данных в производственных условиях используют специально подобранные несложные для применения статистические методы. Наибольшее распространение в качестве производственных статистических методов получили так называемые "семь инструментов контроля качества", одним из которых является диаграмма Парето [1].

Согласно этому методу в большинстве случаев подавляющее число проблем 80% возникает из-за относительно небольшого числа причин 20%. Таким образом, выяснив причины появления основных проблем, можно устранить почти все потери, сосредоточив усилия на ликвидации именно этих причин. С помощью диаграммы Парето анализируют

широкий круг проблем, относящихся практически к любой сфере деятельности. Например, в производственной сфере: анализ числа несоответствующей продукции по производственным участкам, рабочим местам; анализ числа отказов отдельно по станкам, участкам, единицам оборудования; анализ качества в зависимости от технологических режимов; анализ процента несоответствий по дням недели и т. д.

Цель настоящей работы: выработка решений по управлению качеством на различных этапах производства электронных блоков авиационных приборов на основе диаграммы Парето.

Достижение этой цели производилось путем последовательного применения диаграммы Парето к решению задачи выявления 80% проблем отказов в процессе регулировки:

- электронных узлов и блоков, радиоэлементы которых отказывают;
- видов радиоэлементов по конкретному блоку;
- видов радиоэлементов, отказавших после операции лакировки;
- общего количества отказавших радиоэлементов;
- видов дефектов радиоэлементов, являющихся основанием для забракования.

На основе диаграммы Парето, построенной по отказам радиоэлементов на операциях испытаний электронных блоков установлено, что из них 80% составляет операция "Регулировка в н/у". На основании анализа полученных диаграмм Парето на предприятии принимаются меры технического и организационного характера, направленные на постоянное улучшение качества изделий.

Моделирование динамических процессов реактора сложной конструкции

Лазовский А.Е.
Научный руководитель – доцент, к.т.н Могильная Т.Ю.
МАИ, каф ТППИСУЛА
a.e.lazovsky@gmail.com

Во многих технологических процессах возникает проблема оптимизации прохождения газового потока при его прохождении через реактор в котором происходят фазовые превращения. При этом, проведение многих процессов химической технологии связано с движением дисперсных частиц (пузырей, капель, твердых тел) в жидкой или газовой средах. К таким процессам относятся, например, осаждение твердых частиц из суспензий под действием силы тяжести или инерционных сил; механическое перемешивание в жидких средах; движение капель в экстракторах; процессы барботажа в тарельчатых колоннах или реакторах. Кроме этого важное место занимают пленочное тепло- и массообменные аппараты. Качество подобных процессов зависит от образования новой фазы, определяемой двумя механизмами: зародышеобразованием первого и второго рода. При этом зародышеобразование второго рода представляет собой кластерное зародышеобразование. Механизм кластерного зародышеобразования нежелателен для оптимального осаждения в силу того, что, оседая на отдельных частях реактора, может образовать наноструктурную пленку на стенке контейнера для катализаторов и внутри его, которая, во-первых, нарушает условия кристаллизации, плохо растворима и удаляется при простом нагревании она не разрушается и в конечном счете приводит к ускоренному разрушению катализатора. Ситуация осложняется тем, что часто конструкция представляет собой пористую систему, в которой нарушаются законы стандартной газодинамики.

Постройка реальной действующей модели реактора представляет собой сложный, дорогостоящий и трудоемкий процесс. Поэтому представляет интерес моделирование реального процесса, например, происходящего в реакторе МОС-гидридной эпитаксии используемого в процессе создания полупроводниковых лазеров. В ходе данной работы была построена 3D модель действующего реактора в среде SolidWorks и произведен расчет в программном пакете ANSYS распределения полей давлений, температуры, скоростей потока, а также переход процесса ко второму закону зародышеобразования и решена задача Эйлера.

Данная работа направлена на оптимизацию технологического процесса МОС-гидридной эпитаксии. Однако, описываемый метод применим к расчетам оптимизации технического процесса применим также и для других типов реакторов. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- Создание 3d-модели реактора в среде SolidWorks
- Предварительный расчет начальных условий при помощи программного пакета MatLab
- Моделирование процесса в программном пакете ANSYS.

Разработка информационной системы предприятия процессов проектирования и производства комплексов летательных аппаратов

Малкович Л.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Горожеев М.Ю.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
malk1996.10@rambler.ru

Целью данной работы являются разработка предложений по формированию структуры информационной системы высокотехнологического предприятия, относящегося к аэрокосмическому комплексу, производственной сферой которого является создание опытных образцов управляющих комплексов летательных аппаратов.В состав предлагаемой структуры входят информационные блоки, содержащие базы данных, необходимые для сопровождения продукции на основных этапах её жизненного цикла: проектирование высокотехнологических изделий, их производство и эксплуатация. Информационное обеспечение процесса проектирования должно содержать данные, отражающие современный мировой и отечественный уровень в данной области, данные о разработках конкретного предприятия и предприятий, работающих на условиях кооперации при создании конкретных образцов продукции. Информационное обеспечение процесса производства должно содержать данные, отражающие инновационные технологии, парк технологического оборудования, оснастки, контрольно-испытательного оборудования, кадровое обеспечение. При выработке подхода к построению подобной системы делался акцент на то, что она должна обладать следующим функционалом:

- выполнять построение иерархии с разграничением прав авторизованных пользователей;
- контролировать целостность информации и обеспечивать безопасность передачи и доступа к информации, путем задействования механизмов шифрования, резервных путей передачи данных, выделение аппаратно-реализованного сетевого экрана, внедрение технологий виртуальных частных сетей;
- осуществлять централизованное управление ресурсами предприятий;
- создать единое информационное обеспечение, включающие производственную, экономическую, техническую, нормативно-справочную информацию на базе корпоративной базы данных;
- формировать типовую отчетность работы как отделов, так и целых филиалов.

Система соответствует требованиям информационной безопасности за счет:

- круглосуточного контроля, учитывающего жизненный цикл информации, начиная от появления до уничтожения;
- учета и анализа различных видов угроз, целей злоумышленников и способов овладения информацией;
- создания многоуровневой иерархичной системы, доступ к которой регламентируется генеральным директором предприятия;
- использование криптостойкого алгоритма шифрования;
- брандмауэров;
- технологии VPN (Virtual Private Network).

Разработанная информационная система может использоваться как на предприятии, занятом в ракетно-космической области, так и быть основой для информационного обеспечения корпораций.

Исследование параметров пьезокорректоров в кольцевом резонаторе малогабаритного лазерного гироскопа

Михайлов М.В.
Научные руководители – Гребенюк Е.И., Захаров М.А.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
dea94@list.ru

В настоящее время лазерные гироскопы являются основными датчиками угловых перемещений в бесплатформенных инерциальных навигационных системах среднего и высокого классов точности, используемых на гражданских и военных воздушных судах. В

В связи с современной тенденцией микроминиатюризации бортового оборудования, возникла потребность в создании малогабаритного лазерного гироскопа (МЛГ), у которого была бы нестабильность масштабного коэффициента не более $1*10^{-6}$

Для достижения такого результата необходимо не только производить стабилизацию частоты лазерной генерации вблизи центра усиления активной среды, но и предотвратить переключение лазерной генерации на другую моду. Обычно для стабилизации частоты лазерного излучения применяются активные системы регулировки периметра (СРП), где в качестве исполнительных элементов применяются электромеханические преобразователи, основанные на обратном пьезоэффекте – пьезокорректоры (ПК). К сожалению, использование ПК и изготовление моноблока малогабаритного кольцевого лазера (МКЛ) из ситалла, обладающего крайне низким температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР) $\sim 10^{-7}(^{o}C)^{-1}$, не обеспечивает стабилбность частоты лазерной генерации в диапазоне изменения температуры от минус 55 до плюс 70 градусов. В ходе исследования было определено, что для достижения максимальной эффективности СРП необходимо использовать активную и пассивную стабилизацию периметра. Конструкция пьезокорректоров, предназначенных для перемещений зеркал КР, включает в себя элементы, тепловое расширение которых, вызывает сдвиги зеркал, частично компенсирующие температурные изменения размеров стеклокерамического моноблока.

В связи с этим целью настоящей работы является оптимизация конструкции пьезокорректора и исследование параметров пьезокорректоров в кольцевом резонаторе малогабаритного лазерного гироскопа для повышения точности МЛГ.

В данной работе представленны конструктивные решения исполнения пьезокорректоров, основанные на совместном использовании активной и пассивной стабилизации периметра кольцевого резонатора, которые обеспечивают длительную непрерывную работу малогабаритного лазерного гироскопа без межмодовых переключений в температурном диапазоне от минус 55 до плюс 70 градусов

В частности, пассивная стабилизация осуществляется за счет введения в конструкцию пьезокорректора ситалловой пластины. Исследования нового конструктивного решения пьезокорректора свидетельствуют, что за счет изменения размеров ситалловой пластины в заданном температурном диапазоне, происходит стабилизация частоты лазерной генерации без межмодового перехода.

Для повышения эффективности активной стабилизации периметра предложено алгоритмически учитывать временной и температурный дрейфы величины электромеханического коэффициента пьезокорректоров.

Комплексный подход к проектированию лазерных балансировочных станков

Михальков Д.В., Родионов Г.С.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Баранов П.Н.
МАИ, каф ТППИСУЛА
tppisula@mail.ru

Расширение номенклатуры и минимизация изделий приборостроения, содержащих в своем составе вращающиеся и колеблющиеся детали и узлы, для точной работы и долговечной эксплуатации которых необходимо проведение прецизионной динамической балансировки и коррекции неидеальностей, требует новых подходов к разработке методов и средств балансировки.

Цель настоящего доклада – анализ, выбор и представление результатов применения систем автоматического проектирования (САПР) для создания унифицированных электронных и электромеханических систем и узлов лазерных балансировочных станков (ЛБС).

Как показал опыт разработок в этой области, наиболее перспективными являются лазерные способы, открывающие возможности автоматизации балансировки и коррекции неидеальностей непосредственно на рабочих частотах роторов микромашин, колеблющихся и вибрирующих масс микромеханических приборов. Многообразие конструкций балансируемых изделий приборостроения 0-го – 2–го классов точности, методов и систем лазерной балансировки и широкий спектр лазерных «инструментов», отличающихся своими технологическими возможностями и, как правило, схемотехническим и конструктивным исполнением, делают процесс проектирования таких систем сложным и трудоемким.

Решение указанной задачи стало возможным благодаря созданию технической информационной системы унифицированных узлов и блоков ЛБС и комплексов, представляющих из себя сложные автоматизированные системы.

Как показали исследования, при проектировании таких систем должен быть использован блочно-иерархический подход, основанный на декомпозиции ЛБС на законченные узлы и блоки, и их сквозное проектирование от математического моделирования оптимальных структур ЛБС до автоматического проектирования унифицированных механических, электромеханических и электронных узлов и блоков ЛБС. Разработка такой схемы проектирования позволит не только сократить сроки разработки изделий, но и уменьшить стоимость разработки, повысить качество проектирования.

В докладе приводятся решение задачи рационального выбора средств САПР для проектирования электромеханических и электронных узлов ЛБС для динамической балансировки микромашин и прецизионных приборов.

Приводятся результаты проектирования унифицированных электронных и электромеханических узлов ЛБС: в среде САПР SolidWorks - механической системы и ее узлов, в САПР PCAD - электронных узлов, являющихся базовыми элементами ЛБС для балансировки различных типов изделий прецизионного приборостроения с вращающимися и колеблющимися массами.

Особенности построения двухдиапазонной БА КИС для управления космическим аппаратом на этапе его вывода на ГСО

Мозгалева М.А, Петелин Н.А., Смолин Е.О
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Школьников В.М.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
Mozgaleva.m@gmail.com

При выводе космического аппарата на геостационарную орбиту (ГСО) с использованием собственных апогейных двигателей для повышения оперативности, надежности и эффективности процессов управления и контроля систем космического аппарата, в том числе и апогейных двигательных установок, необходимо управлять его

движением в течение всего полета от момента отделения от разгонного блока до точки стояния. Задача управления космическим аппаратом на промежуточной и переходной орбитах решается путем создания двух контуров управления в бортовой аппаратуре командно-измерительной системе (БА КИС) через радиолинии «Земля-Борт» и «Земля - спутник-ретранслятор - Борт». В этом случае в качестве бортовой аппаратуры используется двухдиапазонная БА КИС-2. При использовании межспутниковых радиолиний для связи наземной аппаратуры командно-измерительной системs с космическим аппаратом существенно расширяется зона радиовидимости по сравнению с непосредственной связью наземной аппаратуры с бортовой. Точные расчеты суммарных зон радиовидимости могут быть проведены, если известны все данные для определения параметров переходной орбиты, но в любом случае можно делать вывод о целесообразности построения БА КИС-2 для лучшего управления движением космического аппарата при выводе его на геостационарную орбиту с помощью апогейных двигателей. Особенностью управления космическим аппаратом с помощью БА КИС-2 является существенное различие по времени использования каждого из двух контуров управления. Переключение БА КИС-2 для ее радиосвязи с одного спутника-ретранслятора на другой осуществляется программным способом путем изменения адреса в кадре посылки телеметрической информации. В БА КИС-2 возникают своеобразные соблазны отказа от автономности работы БА КИС. При выборе структурной схемы следует учитывать типы сигналов для связи по радиолиниям «Земля - спутник-ретранслятор - Борт» и «Земля-Борт». При проектировании БА КИС-2 следует задаться типами приемных и передающих антенн для каждого контура управления. При построении БА КИС-2 возникает ряд проблемных вопросов, основные из них:

- автономность работы БА КИС-2;
- выбор функциональной схемы, минимизирующей массу, энергопотребление и время парирования отказов при обеспечении максимального времени безотказной работы;
- выбор типов сигналов для связи наземной аппаратуры и спутника-ретранслятора с космическим аппаратом;
- выбор типов приемной и передающей антенн космического аппарата для связи со спутником-ретранслятором;
- выбор мощности передатчика для связи по линии космический аппарат – спутник-ретранслятор;
- выбор электронной компонентной базы и снижение стоимости.

Рассмотрены особенности построения и перспективы создания двухдиапазонной БА КИС-2, предназначенной для космической аппаратуры, выводимых на геостационарную орбиту с помощью апогейных двигателей, и выделены преимущества БА КИС-2 перед другими способами построения управляющих систем космических аппаратов:

- автономность;
- малые габариты и масса;
- уменьшенное энергопотребление;
- снижение стоимости.

Программная интеграция функций дешифратора КПИ и БОТ бортовой аппаратуры командно-измерительной системы в одной ПЛИС

Мозгалева М.А, Петелин Н.А., Смолин.Е.О
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Школьников В.М.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
npetelin.71@gmail.com

Основными задачами, стоящими перед создателями бортовой аппаратуры командно-измерительных систем космических аппаратов, были, и являются уменьшение габаритов, массы, энергопотребления, повышение вероятности безотказной работы при увеличении срока активного существования. Одним из приемов, обеспечивающих

решение этих задач, служит интеграция нескольких приборов бортовой аппаратуры командно-измерительных систем в одном, причем наиболее эффективным методом является программная интеграция функций приборов, которые в прошлом выполняли разные задачи. Так программной интеграции подвергаются приборы низкочастотной части бортовой аппаратуры командно-измерительных систем – дешифратор командно-программной информации (ДКПИ) и блок обработки телеметрии (БОТ). Дешифратор командно-программной информации принимает с приемо-передающего устройства информацию, поступающую с наземной станции командно-измерительной системы. На дешифратор поступают разовые команды, которые исполняются сразу после приема непосредственно в бортовую аппаратуру, и командно-программная информация, предназначенная для бортового комплекса управления. Блок обработки телеметрии принимает телеметрическую информацию от бортовой аппаратуры телесигнализации и после обработки в блоке преобразования информации сформированный телеметрический кадр передаёт на приемо-передающее устройство и далее на наземную станцию командно-измерительной системы. Телеметрическая информация, выдаваемая на наземной станции, прерывается на время прохождения квитанции о приеме разовых команд или командно-программной информации. Для передачи данных на физическом уровне используются короткие импульсы, причем при смене единицы на ноль в линии используется положительный импульс, а при смене нуля на единицу - отрицательный импульс. Данные передаются короткими импульсами, формируемыми в начале каждого нулевого бита. Амплитуда формируемых в начале каждого нулевого бита импульсов составляет от 6 до 9 Вт, что аналогично остальным протоколам обмена и достигается благодаря использованию импульсов одинаковой полярности, в отличие от старого интерфейса дешифратор командно-программной информации - блок преобразования информации. Режимы исполнения разовых команд и передачи командно-программной информации разделены по времени, а телеметрические кадры прерываются в случае выдачи квитанций на прохождение разовых команд и командно-программной информации, поэтому объединение каналов возможно при использовании в начале информационного пакета адресного слова, определяющего тип информации и соответствующий ему режим работы аппаратуры. Работа дешифратор командно-программной информации в режиме формирования телеметрических кадров осуществляется циклически. Период цикла равен длительности одного кадра телеметрии на соответствующей скорости передачи. Принятый телеметрический кадр в режиме без преобразования информации аппаратуры заполняет одно из двух запоминающих устройств телеметрической информации без изменений. В следующем цикле дешифратор командно-программной информации начинает выдавать на приемо-передающее устройство сформированный телеметрический кадр и формирует запрос на очередную порцию телеметрической информацию от бортовой аппаратуры, и весь цикл повторяется.

Рассмотрен алгоритм программной интеграции в одной ПЛИС функций дешифратора командно-программной информации и блока обработки телеметрии. Разобрано существенное сокращение количества интерфейсов между интегрированным прибором и средствами преобразования информации.

Основные технические характеристики датчиков

Мозгалева М.А, Петелин Н.А., Смолин Е.О
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Школьников В.М.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
Evgsmolin98@gmail.com

В зависимости от конкретных измерительных задач и условий эксплуатации, датчики характеризуются значительным числом параметров. Основные технические характеристики пьезоэлектрических датчиков механических величин укрупненно могут быть разделены следующим образом:

- метрологические, определяющие динамический и частотный диапазоны и измерения конкретной механической величины, а также точностные свойства, как в

пределах названных диапазонов, так и при определенных, наиболее часто встречающихся внешних воздействиях, способных влиять на работу датчика;

- надежность;
- эксплуатационные, определяющие предельно допустимые значения внешних воздействующих факторов, массогабаритные параметры, присоединительные размеры и некоторые иные свойства датчика. В некоторых случаях необходимо иметь сведения об электрической емкости датчика, его резонансных частотах в свободном и закрепленном состояниях, сопротивлении изоляции, использованных конструкционных материалах и другие.

Основными метрологическими характеристиками пьезоэлектрических датчиков являются:

- коэффициент преобразования;
- рабочий и динамический диапазоны измеряемой величины, нелинейность амплитудной характеристики;
- рабочий диапазон частот и неравномерность амплитудно-частотной характеристики;
- рабочий диапазон температур и дополнительная погрешность, вызванная изменением температуры;
- относительный коэффициент поперечного преобразования акселерометра;
- коэффициент влияния не измеряемых внешних воздействий.

Коэффициент преобразования – обязательная характеристика, которая представляется как отношение значения выходного сигнала датчика к значению воздействующей на него измеряемой механической величины.

Нижняя граница рабочего диапазона (минимальный измеряемый уровень или порог чувствительности) для каждой модели датчика является условным» параметром, определяемым минимальным значением выходного сигнала, которое может быть реально измерено с заданной точностью.

Верхняя граница рабочего диапазона датчика (предел преобразования) соответствует максимальному значению измеряемой величины, выше которого заметно нарушается функция преобразования этой величины в выходной сигнал.

Рабочий диапазон температур датчика ограничен температурами, в пределах которых происходят необратимые изменения его характеристик и потери работоспособности при установленном сроке эксплуатации.

Все акселерометры преобразуют в электрический сигнал не только ускорение в направлении их рабочей оси, но и частично ускорение, действующее в поперечном направлении.

На работу пьезоэлектрических датчиков механических величин оказывают влияние внешние факторы, каждый из которых или их совокупность могут привести к искажению информации. Степень влияния факторов и возникающие при этом дополнительные погрешности измерения характеризуются коэффициентами влияния соответствующих физических величин, которые должны учитываться при проведении измерений.

Результаты имитационного моделирования электромагнитного частотно-селективного диэлектрического экрана

Моргулис И.Л.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Жуков А.А.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
tppisula@mail.ru

В настоящее время к бортовому радиоэлектронному оборудованию предъявляются жесткие требования к электромагнитной совместимости (ЭМС). Одним из основных конструктивных средств обеспечения ЭМС РЭС является экранирование. В случаях, когда при решении задачи защиты от мешающих излучений одновременно необходимо обеспечить прием или передачу полезного сигнала, в качестве экрана могут быть

применены частотно-избирательные поверхности (ЧИП) – пространственные структуры, обладающие частотно-избирательными свойствами. Если используется широкополосный сигнал, согласование дифракционной решетки ЧИП с сигналом становится затруднительным. Если частота ожидаемой помехи известна, лучшим решением для защиты РЭС было бы избирательное экранирование самой помехи. Для этих целей может быть применена частотно-избирательная структура на основе электромагнитного метаматериала, представляющего собой упорядоченную структуру резонансных элементов, удерживаемых связующим веществом.

Цель работы: исследование характеристик электромагнитного экрана на основе метаматериала обладающего частотно избирательными свойствами в диапазоне СВЧ средствами имитационного моделирования.

Использование метаматериала в качестве экрана

Электромагнитный метаматериал – это искусственно созданная среда, проявляющая при взаимодействии с электромагнитным полем уникальные волновые свойства, не характерные для обычных материалов, за счет особой структуры, состоящей из расположенных в определенном порядке резонансных элементов – базовых ячеек метаматериала (мета-атомов). На частотах близких к резонансной частоте базовые ячейки метаматериалов ведут себя как электрические или магнитные диполи, электрические (магнитные) моменты которых, направлены противоположено внешнему полю, поэтому на этих частотах метаматериал может быть использован в целях экранирования. Метаматериалы на основе плоских металлических однослойных, многослойных или объемных структур плохо подходят для целей экранирования. Внешнее электромагнитное поле возбуждает резонанс колебательного контура, образуемого этими структурами, поэтому возбуждение такой ячейки должно осуществляться полем определенного направления и поляризации, что делает экран на ее основе анизотропным. Диэлектрические резонаторы, широко применяемые в современной СВЧ технике, дают больше возможностей с точки зрения обеспечения симметрии получаемых структур, поэтому позволяют добиться достаточной изотропии свойств, кроме того добротность таких резонаторов может быть выше, так как определяется только потерями в диэлектрике и не зависит от проводимости металлических структур.

Результаты имитационного моделирования

Методами имитационного моделирования получены характеристики электромагнитного экрана на основе метаматериала, базовая ячейка которого представляет собой набор сферических диэлектрических резонаторов (СДР) упорядоченных в кристаллическую решетку с кубической симметрией. Разработаны и проанализированы модели экрана, рассчитанного на частоту 25 и 40 ГГц. Параметры материала модели СДР эквивалентны параметрам серийно выпускаемых в РФ высокостабильных СВЧ керамик. Минимальная эффективность экранирования составила 50 дБ при различных углах падения и поляризации волны, изменении температур в диапазоне от минус 60 до 85 °С и реализуемых точностях изготовления.

Система удаленного доступа к USB-устройствам

Никитин С.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Можаров В.А.
МАИ, каф. 307
nsa010995@gmail.com

Современные тенденции обеспечения защиты информации таковы, что для внешних информационных угроз выбор аппаратных и программных решений довольно разнообразен. Но, в то же время, остается вопрос внутренней безопасности, уязвимостью которой, в частности, является подключение USB-устройств к компьютерам и серверам напрямую. Это может привести к несанкционированному доступу, утечке или потере важной информации, распространению вирусов. Кроме того, часто возникает необходимость использовать одно устройство (например, ключ доступа к банку) различными людьми, что приводит к сложностям в организации рабочего процесса.

Решить указанную проблему может управляемое устройство удаленного доступа, имеющее USB-порты, которые можно подключать как локальные к любому компьютеру, имеющему соответствующие разрешения. Таким устройство является управляемый USB-хаб, который с помощью локальной сети (LAN-Ethernet) позволяет удаленно выполнять подключение и отключение USB-устройств к компьютеру. Он представляет собой USB-разветвитель с возможностью индивидуального управления питанием каждого порта, с возможностью организации VPN подключения. Таким образом, возможно установить устройство на площадку с ограниченным доступом и организовать санкционированный доступ к нему определенного круга лиц. При этом пользователь запускает программу, устанавливающую VPN соединение и монтирующую удаленное устройство как локальное. В дальнейшем работа происходит как с локальным USB-устройством.

Коммутатор, имеющий 8 USB портов, реализован на трех микросхемах FE1.1 (USB-хаб на 4 порта), шести MIC2026 (для контроля питания) и MOSFET-транзисторах, которые используется для управления питанием. Предусмотрена возможность мультиплицирования портов по 8 штук (максимальное количество 32). Каждый коммутатор на 8 портов требует питания мощностью 40 Вт. Для управления тестовым устройством использовался микрокомпьютер Raspberry PI с установленной ОС Archlinux ARM со стандартным USB/IP. Клиентские компьютеры под управлением Windows подключались, используя USB/IP клиент.

Проведенное тестирование показало работоспособность решения, для создания полноценного автономного устройства требуется разработка источника питания и корпуса (монтирование в 19” стойку).

Вариативное зарядное устройство

Никитина А.Е.
Научный руководитель – ассистент Егоров В.В.
МАИ, каф. 607
ann_eyes@bk.ru

В современном мире с каждым годом растёт оснащенность населения мобильными устройствами. Ритм жизни часто требует активного пользования этими устройствами, а масса и габариты устройств для удобства ношения становятся всё меньше. Как результат, емкость аккумуляторов не становится больше, так как это бы потребовало увеличения габаритов, массы устройства и оно бы быстро разряжалось. Пользователи как правило решают эту проблему применением дополнительного переносного аккумулятора большой емкости. Однако он также нуждается в перезарядке, имеет ощутимые габариты и вес.

В работе рассматривается возможность использования энергии из альтернативных источников, которые окружают человечество в повседневной жизни. В ходе исследования было выяснено, что основная проблема заключается в том, что такие источники дают мощность, недостаточную для заряда аккумуляторов телефона стандартными способами.

В качестве источников энергии были использованы блоки с солнечной панелью, с динамо-машиной и индукционной зарядкой. Кроме того, возможно использование в качестве источника энергии старых «пальчиковых» батареек, заряда которых уже недостаточно для их работы в устройстве, для которых их использовали. Солнечная панель, имеющая комфортный для использования и транспортировки размер, на прямых солнечных лучах выдает мощность равную 89 мВт, на рассеянных – 7 мВт, а в комнате – 0.7 мВт. Удобный по усилию динамо-модуль выдает 5мВт. Индукционная зарядка и «пальчиковые» батарейки способны передавать мощности примерно тех же порядков. Эти экспериментальные данные показывают, что все эти источники не достигают 5Вт необходимых для зарядки мобильного устройства (данная цифра может варьироваться в зависимости от модели телефона).

В ходе работы был разработан блок, накапливающий энергию от источников до уровня, необходимого для нормальной зарядки аккумулятора телефона. Было сделано 3 канала передачи энергии от источников в телефон: первый повышает напряжение при передаче энергии, второй, при достаточном количестве мощности, передает энергию без

изменения, третий при передаче энергии повышает ток. Данное решение позволило использовать широкий спектр источников энергии, имеющих как высокое, так и низкое выходное напряжение или ток. Причем массогабаритные характеристики были сведены к минимуму, в том числе за счет изготовления корпуса с применением аддитивных технологий 3D печати.

Итогом моделирования и проектирования стал работающий прототип. В дальнейшем предполагается расширить количество применимых источников энергии, а также создание более ударопрочного корпуса.

Применение метода распознавания образов для создания комплекса для контроля информационной системы летательного аппарата

Новиков В.А.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Акилин В.И.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
godfatherpunisher@yandex.ru

В настоящее время одним из важнейших этапов жизненного цикла создания авиационных измерительных систем является тестирование их программного обеспечения (ПО). Процесс тестирования ПО требует большого количество времени, затрачиваемого на разработку тестовых процедур и на проведение самого процесса тестирования. В связи с этим в настоящее время наиболее перспективным является создание автоматизированных контрольно-измерительных комплексов. Целью данной работы является разработка автоматизированного измерительного комплекса для контроля информационной управляющей системы (ИУС) летательного аппарата. Для создания автоматизированного комплекса были решены следующие задачи: разработана система распознавания образов, разработана ИУС, проведены ее испытания, разработан блок преобразования телевизионной информации, разработан комплексирования и приемо-сдаточных испытаний (СКПСИ), разработана аппаратура имитации и регистрации телевизионных сигналов (АИС ТВ). Следующие факторы объясняют актуальность работы: необходимость минимизации ошибок, связанных с ручной проверкой результатов тестирования ПО оператора; наличие систем регистрации видеоинформации, поступающей с экранов бортовых индикаторов; наличие в свободном доступе систем распознавания образов, позволяющих достоверную информацию о сравнении графической информации; повышение количества задач в области индикации информационной системы и, следовательно, рост времени на тестирование этих задач. Существует достаточно большое количество систем распознавания, однако далеко не все возможно и целесообразно применять к поставленным задачам. В частности, это связано с тем, что контроль графической информации бортовых индикаторов проводится на реальном оборудовании и операционной системе реального времени, в то время как большая часть систем распознавания могут работать лишь на имитаторах реального индикатора и на операционных системах Windows. В результате была выбрана система распознавания образов «cmppict-bmp», удовлетворяющая предъявляемым требованиям и работающая на методе попиксельного сравнения изображений с возможностью выбора области графической информации. В настоящее время на предприятии разработчика с участием докладчика разработан опытный образец автоматизированного комплекса для контроля ИУС, который использует систему распознавания образов. В результате настоящей работы разработаны тестовые процедуры для проверки МФИ в части выдачи отказных сообщений и регистрации входной видеоинформации с него в интегрированной среде стенда комплексирования и приемо-сдаточных испытаний; предложена система распознавания образов, работающая на принципе попиксельного сравнения изображений; осуществлена автоматизация процесса тестирования ПО путем интеграции системы распознавания в тестовые процедуры, что позволяет автоматически принимать решения о результатах выполнения работы. Предложенный подход позволяет практически освободить от работы оператора, включая контроль результатов, автоматически

производить сравнение графической информации с экрана МФИ. Исключение оператора сокращает проверку отказных сообщений на 100% и время использования стенда на 25%.

Исследование теплоотдачи компонентов, встроенных в объем печатной платы

Новиков Н.А., Сашина А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Васильев Ф.В.
МАИ, каф. 307
afenalin@me.com, saschina.aleksandra@yandex.ru

В Московском авиационном институте на кафедре «Технология приборостроения» ведутся исследования по встраиванию электронных компонентов в объем печатной платы (далее ПП). На основе этих исследований была разработана технология встраивания активных и пассивных SMD компонентов, применимая в лабораторных условиях при штучном и мелкосерийном производстве [1].

Улучшенная теплоотдача является достаточно спорным преимуществом встроенных компонентов [2], т.к. существует недостаточное количество исследований, посвященной этой проблеме. Очевидно, что при бесконечной конвекции встроенные компоненты будут хуже отдавать тепло, чем компоненты классического поверхностного монтажа, в основном отдающие тепло в воздух. В то же время при условиях, близких к вакууму, использование встроенного монтажа будет более эффективно за счет того, что тепло передается в тело ПП с помощью кондукции и далее на теплосток или с поверхности платы за счет излучения. Основной задачей исследования является определение эффективности теплоотдачи от встроенных и поверхностно монтируемых компонентов для различных условий окружающей среды.

Поставленная задача решалась с помощью экспериментов и программного пакета Ansys, в котором проводилось имитационное моделирование.

В качестве тестируемого образца взят SMD резистор 0603 номиналом 4,7 кОм, установленный на плату из стеклотекстолита FR-4 с размерами 50 на 50 мм. Резистор установлен на контактные площадки из меди толщиной 35 микрон. Печатные платы имеют проводники различных конфигураций для проверки степени их влияния на теплоотвод. Мощность рассеивания резистора взята максимальной для данного типоразмера – 0,1 Вт, при этом создаются условия для нагрева компонента до 60-70 °С.

Для проверки качества моделирования решено сделать несколько образцов печатных плат аналогичной конструкции. С помощью тепловизора получена картина распределения тепла на исследуемом образце. Полученные изображения показали схожесть компьютерного моделирования с реальными испытаниями.

В ближайшее время планируется создание большого количества моделей с разным количеством слоев, компонентов и расположения проводников для исследования эффективности теплоотдачи компонентов, встроенных в объем печатной платы в различных условиях и различными типами теплопередачи в окружающую среду.

Автоматизированное управление стендом съемки диаграммы направленности антенны с применением программного обеспечения

Нуретдинов Э.Д.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Норкина Н.В.
МАИ, каф.403
emil.nuretdinov@yandex.ru

Автоматизация радиолокационных измерений позволяет значительно облегчить процесс измерений, а также легко и быстро получить результаты в любой необходимой исследователю форме. Современные измерительные приборы предоставляют возможность удаленного управления ими, что позволяет согласовать их работу в единой системе и получить более широкий спектр информации в меньший промежуток времени, нежели по отдельности. Наличие внешних интерфейсов позволяет объединить стенд на программном уровне при помощи протоколов обмена данными между элементами стенда. Все это дает возможность организовывать полностью автономные стенды для проведения

радиолокационных измерений. Управление аппаратурой стенда реализуется при помощи специального программного обеспечения (ПО), устанавливаемого на персональную электронно-вычислительную машину (ПЭВМ). В качестве программной среды для разработки ПО выбран пакет MATLAB, позволяющий задействовать встроенные наборы инструментов, представляющие собой коллекции функций, написанных на языке MATLAB для решения определённого класса задач и использовать его широкие возможности по работе с матрицами и с визуализацией данных. Программное обеспечение сопровождается интерфейсом, который позволяет с помощью графических элементов, представленных в виде изображений, осуществлять управление как отдельными составляющими, так и всем стендом одновременно. В автоматическом способе управления задействуется персональная электронно-вычислительная машина с программным обеспечением, которое описывает работу всех устройств стенда при помощи системы команд. Команды посылаются в устройства через внешние интерфейсы передачи данных. Вместо измерителя мощности используется анализатор сигналов. Для ввода значений мощности и частоты создается графический интерфейс ПО, с помощью такого интерфейса также можно осуществлять включение/выключение устройств стенда и процедуры по получению диаграммы направленности (ДН) антенны. Автоматизированный способ управления более удобен, так как процесс измерения ДН происходит намного быстрей, и он не такой трудоемкий, как ручной способ. Существенную роль играют случаи, когда следует уменьшать шаг по причине того, что ДН слишком узкая. Если разобрать случай, когда угловой сектор измерения ДН составляет 180 градусов (от -90 до 90), то для расчета массива углов необходимо знать диапазон - минимальное и максимальное значения углового направления (в нашем случае это -90 и 90 градусов соответственно), а также шаг сетки измерений по углу, который может быть рассчитан по величине N1: R = 180/(N1-1). Все значения по углам будут располагаться от -90 градусов до +90 градусов с шагом сетки R: x=-90:R:90. Зная максимальное значение ДН, мы можем приравнять его к нулю, чтобы было легче найти уровень боковых лепестков и другие параметры ДН. Также это позволит нам строит несколько графиков в одних осях для сравнения их между собой.

Таким образом, для случаев, описаныых выше, применение ПО при наличии внешних интерфейсов позволяет объединить стенд и существенно упростить и ускорить сам процесс съемки ДН.

Исследование распространения когерентного излучения в лазерной беспроводной системе передачи информации. «Бимкастер»

Пагава Л.Л
Научный руководитель – доцент, к.т.н Могильная Т.Ю.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
lasard12@bk.ru

В настоящее время на предприятии АО “ТЕХНО ИМПОРТ” Бимкастер предназначена для передачи данных по беспроводному оптическому каналу на скоростях до 1 Гбит/с (в дальнейшем – до 10 Гбит/с) на расстояния до 100 м. В качестве базовой основы для разрабатываемой системы была выбрана система P2P, котора работает на основе технологии SFP.Передача осуществляется в окружающем воздушном пространстве двумя модулями P2P, предварительно сориентированными друг на друга с помощью системы выставки по оптическим осям.

Лазерное излучение отличается высокой монохроматичностью, когерентностью и большой интенсивностью. В этом смысле оно похоже на излучение обычных радиопередатчиков микроволнового диапазона, и совершенно естественно желание использовать излучение лазера в качестве несущего колебания в системах связи. Основная причина интереса к лазерному излучению - возможность получения исключительно широкой полосы пропускания при модуляции в полосе частот, составляющей всего несколько процентов от основной частоты излучения лазера. В настоящее время, лазерные системы на основе ВОЛС (*волоконно-оптические линии связи*) занимают одно из ведущих

мест в мире в области передачи информаци. В то же время системы передачи информации в открытом пространстве или уступают ВОЛС по точности и устойчивости воспроизведения, или имеют высокую стоимость, за счет устройств компенсации дополнительных аберраций и потерь в атмосфере. В то же время существует потребность в относительно недорогих устройствах, позволяющих передавать информацию на небольшие расстояния в основном в помещениях, где можно пренебречь турбулентностью среды. При этом необходимо учесть, что лазерные системы относятся кдифракционно-ограниченным оптическим системы, поскольку имеют рабочий интервал частот, превышающий половину от предельной.

Качество изображения в таких системах определяется в основном явлениями дифракции и непосредственно зависит от отношенияапертуры к длине волны. Остаточные аберрации в этом случае должны оцениваться по критерию Марешаля и Штреля.

Однако существующая оптическая схема обладает тлько на 40 метров, в настоящее время происходит разраб система на 100 метров. Причиной этого являеться в том числе и абберации оптической системы при повышении мощности лазера. Данная работа посвящена расчету возможных модификаций оптической системы для передачи информации в открытой атмосфере с целью устранения возможных аберраций и повышения точности передаваемого сигнала. Для этого были проведены расчеты существующих фокусаторов и линз в приближения волновой оптики, которые позволили подобрать линзовую систему с наименьшим линзовым искажением.

Разработка конструкции высокотемпературного электромагнитного датчика перемещения

Парджанадзе И.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Васильев А.М.
МАИ, каф ТППИСУЛА
pardilai@mail.ru

Для измерения перемещений в системах, работающих при высоких температурах окружающей среды, могут быть использованы электромагнитные преобразователи. Принцип действия наиболее простых по конструкции электромагнитных преобразователей перемещения основан на измерении напряжения в контуре, размещенном в переменном магнитном поле. Величина наводимого напряжения в перемещающемся контуре зависит от площади участка контура, пересекаемого рабочим потоком магнитного поля. Такие преобразователи имеет ряд существенных недостатков, которые особенно проявляются при высоких температурах эксплуатации. Исключение большинства недостатков возможно при использовании электромагнитного датчика перемещения, способ действия которого основан на измерении суммы и разности напряжений двух разомкнутых контуров, размещенных в переменном магнитном поле. Причем площади обоих разомкнутых контуров изменяют относительно друг друга таким образом, чтобы сумма площадей контуров оставалась постоянной. При этом величину перемещения определяют, как отношение разности напряжений этих контуров к их сумме.

Была разработана конструкция электромагнитного датчика линейных перемещений, которая включала магнитопровод с воздушным зазором между его полюсами, имеющими плоскопараллельные торцы, и размещенной на нем обмоткой возбуждения. В зазоре магнитопровода параллельно его торцам были установлены две пластины с выполненными тонкопленочной технологией обмотками. На неподвижной диэлектрической пластине обмотка была выполнена в виде прямоугольного витка с разомкнутой короткой стороной. На подвижной диэлектрической пластине обмотка имела вид одиночного проводника, расположенного параллельно длинным сторонам прямоугольного витка обмотки неподвижной пластины. Подвижная диэлектрическая пластина была соединена с объектом измерения линейных перемещений и имела возможность плоскопараллельно перемещаться относительно неподвижной диэлектрической пластины. На противоположных сторонах неподвижной диэлектрической пластины размещены два токопроводящих проводника, а третий

токопроводящий проводник размещен дополнительной диэлектрической подложки, закрепленной неподвижной диэлектрической пластине. Все три токопроводящих проводника расположены в одной плоскости, перпендикулярной поверхностям пластин. Два конца токопроводящих проводников были соединены с помощью жестких перемычек с концами разомкнутого прямоугольного витка обмотки. Конец токопроводящего проводника, расположенный на дополнительной подложке, был соединен с помощью гибкой перемычки с одним концом одиночного проводника на подвижной пластине. Второй конец одиночного проводника был соединен гибкой перемычкой с коротким участком прямоугольного витка, расположенным на неподвижной пластине.

Исследования разработанного электромагнитного датчика перемещения показали, что электромагнитный преобразователь более надежен, чем механотронный преобразователь и не требует для своей работы вакуума, однако требуется дальнейшая проработка конструкции чувствительного элемента для увеличения чувствительности и уменьшения погрешности измерения.

Результаты структурного синтеза информативных каналов системы измерения воздушных сигналов МЛА

Печников М.С., Тюрина М.М., Хорин А.В.
Научный руководитель – профессор, к.т.н., Порунов А.А.
КНИТУ–КАИ, каф. ПИИС
turina_m@mail.com

Одной из ключевых при разработке систем измерения воздушных сигналов (СИВС) малоразмерных летательных аппаратов (МЛА) является задача их структурного синтеза с учетом обеспечения заданных статических и динамических характеристик в сложных климатических условиях. Первичными информативными сигналами в таких СИВС, как правило, являются полное $p_п$ и статическое $p_с$ давления, полученные с помощью аэрометрического приемника потока. На основе этих сигналов в соответствие с известными алгоритмами [1] может быть получена информация не только об истинной воздушной скорости V, но и информацию по плотности ρ воздуха, преобразуя которую, можно получить информацию по барометрической высоте H, скорости ее изменения.

Отличительной особенностью предложенного в работе построения измерительных каналов СИВС является принцип построения аэрометрического преобразователя, а также реализация процесса преобразования первичных сигналов в электрические выходные сигналы. Расширение диапазона измерения в сторону малых воздушных скоростей достигается за счет оригинальной конструкции аэрометрического преобразователя, в котором реализован, как принцип динамического торможения, так и принцип дросселирования потока, сочетание которых позволяет повысить уровень первичного пневматического сигнала Δp за счет использования в качестве одного из базовых дросселированного давления $p_д$. Это также позволяет существенно повысить угловую помехоустойчивость сигнала $p_д$.

Повышение помехоустойчивости к возмущениям различного характера достигается как за счет профилирования проточного многоканального приемника потока, так и за счет дифференциальной структуры построения измерительных каналов и использования принципа амплитудной прямой модуляции, реализуемой с помощью двухканального источника опорного пневматического сигнала и алгоритмов обработки сигналов в блоке обработки. Дальнейшее расширение функциональных возможностей СВС МЛА путем синтеза структуры на базе двух измерительных каналов, построенных на основе источников информации различной физической природы [2]. Первый измерительный канал реализует рассмотренный выше аэрометрический метод измерения, а второй – ионно-меточный метод. Для повышения точностных характеристик СВС МЛА предложено построение измерительных каналов на основе сочетания принципов инвариантности и интеллектуализации, обеспечивающих структурную адаптацию к резкоизменяющимся условиям полета. Исследования показали, что наиболее

предпочтительным для структурной адаптации является использование сигнала по скорости изменения дестабилизирующего фактора [2].

Анализ вариантов структурного построения СВС МЛА подтверждает возможность их принципиальной реализации с использованием однотипных структурно-идентичных функциональных элементов таких, как приемник потока, пневматические каналы связи, и блок формирования первичных информативных сигналов.

Разработка и исследование методики оценки качества сборки приборных микродвигателей с использованием балансировочного комплекса

Прокудин А.В.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Молодницкий В.И.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
slark_hunter@mail.ru

В настоящее время роторные машины являются одним из основных узлов различных приборных конструкций, функционирующих в экстремальных условиях и на ответственных объектах (космос, глубины мирового океана, летательные аппараты, вооружение и военная техника и другие). Поэтому проблема обеспечения надежности приборных конструкций непосредственно связана с необходимостью повышения качества роторных машин. Целью работы является исследование методов вибрационной диагностики приборных микродвигателей с использование балансировочного комплекса.

При разработке метода оценки качества сборки микродвигателей были решены следующие задачи: проведен анализ методов вибродиагностики, а также приведена статистика и выявление более эффективного метода с использованием национальных и межгосударственных стандартов в области вибрации; разработано программное обеспечение для балансировочного комплекса с функцией вибродиагностики; разработан и исследован алгоритм компьютерной балансировки и вибродиагностики.

Актуальность данной работы заключается в том, чтобы в процессе динамической балансировки было возможно провести диагностику объекта для оценки качества сборки и выявления дефектов, то есть реализовать два процесса в одном.

Работа механизмов, агрегатов, машин всегда сопровождается вибрацией, которая приводит к уменьшению срока службы и эксплуатационной надежности. Из-за этого необходимо проводить специальные мероприятия, направленные на снижение уровня вибрации.

Оценка состояния узлов роторных машин производится средствами и методами контроля по уровням и спектрам вибрации, определяемой на работающем оборудовании. Контроль узлов проводится на рабочих местах без демонтажа узлов. По результатам нескольких измерений прогнозируется состояние узлов на определенный срок.

Поиск дефектов при диагностировании машин производится только по спектрам вибрации, так как контроль по общим уровням вибрации не позволяет выявить причины появления дефекта.

Разработанный метод реализован на балансировочном комплексе АТМ-001Х используемом на предприятии “ФГУП НПЦАП им. академика Н. А. Пилюгина”.

Предложенный метод позволяет два технологических процесса объединить в один, что из этого следует: уменьшение времени изготовления объекта, уменьшение финансовых затрат, улучшение качества сборки микродвигателей, что приведет к увеличению сроку службы объекта и большей его надежности.

Диагностика гироскопических электродвигателей по моментным и частотным характеристикам

Прохоров И.А.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Акилин В.И.
МАИ, каф. ТППИСУЛА

В приборах и измерительных системах летательных аппаратов (ЛА) широкое применение нашли малогабаритные электродвигатели переменного и постоянного тока.

Малогабаритные приборные электродвигатели используются в качестве приводов роторов классических и динамически настраиваемых гироскопов, исполнительных двигателей приборных следящих систем и гироскопических стабилизаторов, двигателей, создающих моменты относительно осей чувствительности измерительных систем. Качество изготовления любого технического объекта, в том числе и приборного электродвигателя, характеризуется комплексом технических параметров, установленных техническими условиями и подлежащих контролю после его изготовления. При удовлетворении изделия требований технических условий (ТУ) по результатам его контроля после изготовления, оно считается качественным. После изготовления и в процессе эксплуатации электродвигателей вероятно возникновение дефектов, которые ограничивают возможность эксплуатации изделий и могут быть выявлены путем их диагностирования. В этой связи разработка методов и средств технического диагностирования состояния приборных электродвигателей имеет важное значение с точки зрения повышения качества функционирования измерительных систем летательных аппаратов. В докладе представлены результаты исследований технических возможностей диагностики приборных электродвигателей по моментным характеристикам и частотам собственных колебаний. В работе подробно рассмотрены компенсационный метод контроля моментных характеристик и метод контроля частот собственных колебаний. Оба метода показывают хорошие перспективы использования с точки зрения получения диагностической информации. В частности, компенсационный метод измерителя реактивного момента двигателя позволяет разделить составляющие моментов в зависимости от вызывающих их причин и, следовательно, является наиболее перспективным с позиции контроля качества малогабаритных гироскопических электродвигателей. В режиме установившегося вращения ротора величина главного резонанса характеризует нагрузку, действующую на подшипники в рабочем режиме двигателя и пропорциональна ей. Изменение частоты главного резонанса в рабочем режиме двигателя может характеризовать уровень собственной вибрации ротора и изменение нагрузки на опоры, вызванное деформациями элементов конструкции двигателя за счет центробежной силы инерции и за счет перегрева элементов под действием внутренних и внешних тепловых полей. В результате исследований установлено, что моментные характеристики пи различных скоростях вращения ротора также имеют высокую диагностическую информативность, позволяющую оценивать состояние приборных электродвигателей. На этапе разгона и в режиме установившегося вращения ротора моменты сопротивления вращения ротора моменты сопротивления вращению ротора характеризуют двигатель как электрическую машину; в режиме выбега ротора в диапазоне средних частот вращения – характеризуют количество смазки; в режиме выбега ротора на последних оборотах моменты сопротивления позволяют характеризовать такие дефекты двигателя, как монтажные перекосы колец подшипников, дефекты и наличие посторонних частиц на беговой дорожке подшипника, степень износа подшипника.

Математическое моделирование дифракции на круглых микроотверстиях, содержащих погрешности формы и локальные дефекты профиля

Сагитов Г.М., Тартачная Д.С., Федотикова М.В.
Научные руководители – доцент, к.т.н. Гребенюк Е.И., доцент, к.т.н. Жуков А.А.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
georgmc@yandex.ru

С ужесточением требований к качеству, микроминиатюризации изделий и электронных блоков, возникла необходимость обеспечения на всех этапах производства межоперационного контроля с применением современных методов и средств. В процессе производства элементов электронных блоков изделий аэрокосмического прецизионного приборостроения требуется контроль качества изготовления прецизионных микроотверстий диаметром 100-300 мкм: отклонения формы, локальных дефектов профиля отверстий. Эти операции, в основном, осуществляют методами оптической микроскопии, а также разрушающими методами. При высокой плотности отверстий (до

500 отверстий на 1 дм^2) применяемые методы контроля не производительны и характеризуются высокой стоимостью и трудоемкостью. Дифракционный метод контроля микроотверстий находит применение для решения подобного рода задач. Цель данной работы - методом математического моделирования оценить информативность дифракционных картин (ДК) от микроотверстий, получаемых в зоне дифракции Фраунгофера, с позиций выявления и распознавания погрешностей формы и локальных дефектов контура. В частности, необходимо решить задачи математического моделирования ДК, полученных при дифракции на микроотверстиях круглой формы с погрешностью формы «эллиптичность» и локальных дефектов типа «заусенец» и «скол», типичных для технологических процессов получения микроотверстий. Своевременное выявление таких дефектов, будет способствовать существенному снижению выхода несоответствующей продукции за счет повышения управляемости технологический процесса. Математическое моделирование дифракционных картин от микроотверстий была произведена с помощью программного пакета FRESNEL. Полученные в результате моделирования теоретические двумерные дифракционные картины и распределения интенсивности по ортогональным осям были сопоставлены с экспериментальными дифракционными картинами и распределениями. В ходе моделирования дифракции на микроотверстиях отверстиях с погрешностью формы типа «эллиптичность», характеризующимся отношением диаметров по ортогональным осям в диапазоне 0,94-1.03 было установлено, что распознавание этой погрешности может быть произведено в ходе оценки соотношения диаметров третьего дифракционного кольца. При этом получена регрессионная зависимость, связывающая эллиптичность микроотверстия и соотношения диаметров ДК. Дефект типа «заусенец» моделировался прямоугольником, по разному расположенным относительно центра отверстия. Локальный дефект типа «скол» промоделирован сегментом круга. Такие формы дефектов были выбраны на основе данных микроскопического исследования микроотверстий. Установлено, что дефект типа «заусенец» обуславливает ДК в виде концентричных многоугольников, что является следствием наложения ДК от круглого отверстия и прямоугольника - дефекта. Наличие дефекта «скол» вызывает неравномерное изменение в толщине и интенсивности дифракционных колец. Выявленные в структуре ДК признаки наличия погрешностей формы отверстия и локальных дефектов будут в дальнейшем использованы для решения задачи распознавания дефектов с целью управления технологическим процессом.

Разработка унифицированных рядов датчиков для измерения плотности тепловых потоков для изделий РКТ

Соколова А.А. – к. ф.-м. н. Проказин Ф.Е., Федосов Д.А.
АО «НПО ИТ»
prokazin_f@npoit.com

В работе представлены результаты создания унифицированных рядов датчиков для измерения плотности суммарных тепловых потоков мощностью от 0 до 2500 кВт/м^2, разработанных на основе использования поперечного градиента температуры, возникающего на тепловоспринимающей поверхности датчика, термо ЭДС которых прямо пропорциональна плотности измеряемых потоков. Рассмотрены конструктивные особенности и технические характеристики двух вариантов датчиков:

- для измерения плотностей тепловых потоков от 0 до 5 кВт/м^2, выполненных на основе дифференциальной термопары «кремний-алюминий» и изготовленных по микроэлектронной технологии на гетероэпитаксиальных структурах «кремний-на-сапфире» (КНС). Дополнительно чувствительный элемент датчика содержит пленочный кремниевый терморезистор и нагреватель. Терморезистор служит для измерения температуры корпуса датчика, что позволяет получить более точную информацию об измеряемой плотности. Нагреватель используется для градуировки датчика методом электрического замещения, а также для контроля работоспособности датчика при его эксплуатации. Датчики отличаются высокой чувствительностью (4 … 7 мВ·м^2/кВт), малой инерционностью (<1 с) и повышенной стойкостью к ВВФ.

- для измерения плотностей от 0 до 2500 кВт/м^2, выполненных на основе дифференциальной термопары «медь-константан», где «горячий» спай - соединение центрального электрода и тепловоспринимающего элемента, «холодный» спай – соединение тепловоспринимающего элемента и корпуса. Конструктивно датчики разработаны для поддиапазонов 0 … 225 кВт/м^2, 0 … 630 кВт/м^2, 0 … 1250 кВт/м^2, 0 … 2500 кВт/м^2, имеют чувствительность от 2,4 до 45,0 мВ·м^2/кВт, инерционность не более 0,3 с, повышенная стойкость к ВВФ, габаритные размеры Ø 22х43,5 мм и Ø 22х53 мм.

Использование датчиков измерения плотности тепловых потоков дает возможность получения экспериментально подкрепленной информации о динамике тепловых процессов при аэродинамическом торможении объектов в плотных слоях атмосферы и предупреждает возможность возникновения аварийных и нештатных ситуаций.

Разработка установки для электрофореза рулонных тканевых материалов на основе углерода

Софьин К.С
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Васильев А.М.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
sofinklim@outlook.com

При создании сверхъёмких конденсаторных структур для накопителей энергии находят применение материалы, обладающие большой удельной поверхностью. Одним из таких материалов является тканевый материал на основе углерода – бусофит. Материал обладает большой площадью поверхности на единицу веса до 1500 м^2/г при относительно низкой плотности – 500 г/м^3. Однако относительно высокое поверхностное и удельное сопротивление бусофита снижает некоторые характеристики конденсаторных структур, в частности, повышает их внутреннее сопротивление. Использование вакуумного осаждения различных металлов, например, титана не дают существенного улучшения характеристик по удельному сопротивлению бусофита, поскольку частицы металлов осаждаются только на поверхности материала и только малая доля их проникает во внутренние области тканевого материала. Для увеличения доли металлов в объеме тканевого материала и, таким образом, уменьшения удельного сопротивления был предложен процесс электрофореза с использованием коллоидного раствора частиц титана или никеля. Кроме того, была поставлена задача - отработать процесс электрофореза коллоидных растворов металлов с использованием рулонных углеродных тканевых материалов. Электрофорез относят к электрокинетическим явлениям. Особенностью электрофореза является движение дисперсных частиц относительно дисперсионной среды (жидкой и газообразной) под действием электрического поля. В водной среде частица двигается к электроду, знак заряда которого противоположен знаку электрокинетического потенциала. Для обработки материала требуется коллоидный раствор. Коллоидные системы различаются по степени дисперсности, а точнее занимают промежуточное положение между истинными растворами и грубодисперсными системами. Для получения коллоидного раствора титана или никеля использовался дисперсионный метод. Дисперсионные методы основаны на раздроблении твердых тел до частиц коллоидного размера и образовании, таким образом, коллоидных растворов. Процесс диспергирования осуществляется с помощью импульсного электродугового разряда электродов в воде. Для осаждения частиц металлов на рулонный углеродный тканевый материал, была разработана опытная рулонная установка под ленту шириной 50 мм. Установка состоит из двух транспортных модулей, с закрепленными параллельно движущей ленты электродами и транспортного модуля-сушки, а также модуля подачи и приема ленты. Так же были спроектированы ванны для раствора. С помощью насоса коллоидный раствор титана или никеля непрерывно подается в ванны. После включается установка, начинается движение ленты в автоматическом режиме. При этом поддерживается постоянное натяжение движущей ленты. Так же на электроды подается напряжение. Между электродами и лентой возникает разность потенциалов. Вследствие чего начитается процесс электрофореза, а именно движение дисперсных частиц, в нашем случае частиц титана или

никеля, относительно дисперсионной среды. Происходит проникновение данных частиц в материал. На выходе установки получаем материал с уменьшенным удельным сопротивлением. Данная технология позволила уменьшить внутренним сопротивлением конденсаторных структур.

К вопросу о формировании высокопрочного термопарного кабеля с пониженной инерционностью

Филиппович П.А.
Научный руководитель – с.н.с., к.т.н. Смыслов В.И.
АО «НПО ИТ»
phill07@bk.ru

В настоящее время при отработке и эксплуатации изделий ракетно-космической техники одним из самых актуальных вопросов измерения температурных параметров является минимизация тепловой инерционности первичных средств измерения и в первую очередь термометров, работающих в составе систем аварийной защиты (САЗ) жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). Датчики температур и не только они подвергается чрезмерно высоким нагрузкам, вследствие чего, требования к надежности при эксплуатации так же остаются ключевыми.

При разработке датчиков температур необходимо стремиться к минимизации инерционности, этот показатель повышает надежность измерения. На данный момент времени широко распространены датчики температур термоэлектрического действия. Как известно, измерение температуры всегда заключается в передаче небольшой порции тепловой энергии от объекта к датчику, который должен преобразовать эту энергию в электрический сигнал. В данном случае рассматривается термопарный кабель датчика температур, чувствительный элемент которого, при контакте с зоной контроля, разогревается.

Известно, что термопарные контактные датчики состоят, по крайне мере, из двух разных проводников и двух соединенных этих проводников, их как правило называют термопарами. Так же можно наблюдать кабели с двумя, тремя, четерьмя и более токопроводящими жилами. Такие датчики являются пассивными, т.к. сами вырабатывают напряжение в ответ на изменение температуры и не требуют для этого внешнего источника питания.

Существует ключевая проблема, которая выражается в зависимости прочностных характеристик термопарного кабеля и инерционности. Это обуславливается конструктивом формирования такого кабеля, самого чувствительного элемента и принципами его действия. В результате чего, применение метода формирования термопарного кабеля переменного сечения с пониженной инерционностью, а именно чувствительного элемента, является целесообразным. Так как это позволит добиться минимизации тепловой инерционности и сохранить или даже повысить прочностные характеристики термопарного кабеля в ракетно-космической технике.

Объектом исследований является термопарный кабель. Предметом исследований является метод формирования высокопрочного термопарного кабеля с пониженной инерционностью. Целью исследований является получение высокопрочного термопарного кабеля переменного сечения с пониженной инерционностью.

Предлагаемый метод позволяет найти компромисс конструкторско-технологических решений при разработке чувствительных элементов термометров в обеспечение жестких технических требований с точки зрения их метрологических и надежностных характеристик, данный компромисс необходим для разработки датчиков температур, работающих в жестких условиях в ракетно-космической отрасли.

Исследование шумов операционных усилителей для повышения адекватности имитационных моделей с использованием аппарата форм-фактора CubeSat

Цаплин М.Ю.
Научный руководитель – инж.-конст. Куликов О.О.
ПензГТУ, каф. ИТС
misha91908@gmail.com

В наши дни очень востребованной техникой является электроника, необходимая для аналого-цифрового преобразования сигнала, одним из важнейших элементов которой является операционный усилитель(ОУ). Одной из важнейших проблем прецизионных схем аналого-цифрового преобразования является собственный шум ОУ. Источники этих шумов могут быть самые разные: тепловые шумы, возникающие на резисторах, флуктуация электрического тока, помехи, создаваемые сторонними сигналами и так далее. Кроме того, на шумы оказывает влияние множество внешних факторов: температура, давление, радиационный фон и т. п. Для решения подобной проблемы ключевым аспектом является исследование шумов ОУ в прецизионных схемах в разных режимах работы и условиях окружающей среды. Отличной возможностью провести такое исследование является запуск схемы АЦП в стратосферу, в качестве полезной нагрузки на борту спутника. Перепады температур, давления, а также повышение радиационного фона позволят собрать данные, необходимые для проведения оценки искажений электрического сигнала при его прохождении через каскад на ОУ. В качестве носителя полезной нагрузки разрабатывается аппарат «Громозека» форм-фактора CubeSat(2U), включающий в себя все необходимое для поддержания работоспособности научной нагрузки, а также модули для выполнения других задач в рамках конкурса RosCanSat. Он будет запущен в стратосферу с помощью шара-зонда, собирая данные в процессе полета. Основная научная миссия состоит в создании системы сбора данных, и проведении с ее помощью сбора данных о параметрах ОУ в разных режимах работы для создания на основе полученных данных, в дальнейшем, имитационной модели схемы включения ОУ. Имитационная модель необходима для упрощения разработки схем с использованием ОУ, а также симуляции работы подобных схем. Для ее создания необходимо: измерить параметры собственных шумов схем включения первичных преобразователей прецизионных датчиков, изучить воздействие различных внешних факторов на возникновение шумов, измерить радиационный фон окружающей среды, оценить искажение электрического сигнала при передаче его на АЦП схемой нормирования. Для выполнения научной миссии разрабатывается модуль «Научная нагрузка», включающий в себя два подмодуля: «ИТС-Измерение-0» и «Радиация». Объединение модулей связано с тем, что они выполняют основную научную миссию аппарата. Модуль «ИТС-Измерение-0» будет состоять из датчика или элемента, его имитирующего, который формирует сигнал, подаваемый на вход схемы нормирования из одного каскада на ОУ, фильтра низких частот, и сигма-дельта АЦП, с которого данные отправляются на процессор и записываются на карту памяти, а также дублируются на микросхеме NVRAM-памяти. Модуль «Радиация» будет включать в себя 2 датчика Гейгера-Мюллера, схему формирования питания, схему детектирования и подсчета импульсов. Полученные данные попадают на процессор и так же записываются, как данные модуля «ИТС-Измерение-0». Данные, полученные в результате выполнения поставленных перед аппаратом задач, после оценки можно будет использовать для модернизации библиотеки компонентов и доработки(или создания) имитационных моделей электронных компонентов программного обеспечения, предназначенного для создания принципиальных электрических схем, поскольку не в каждой из существующих моделей учитываются шумы, возникающие в ОУ или же в схеме в-целом. Внесение таких изменений позволит улучшить качество работы ПО, повысить качество проектируемых схем, снизить стоимость разработки и уменьшить время, требуемое на разработку новых изделий.

Работа проведена на базе лаборатории «Высокопроизводительные вычисления и встраиваемые системы» ПензГТУ.

Разработка информационной системы удаленного управления USB-устройствами

Черевко В.С.
Научный руководитель – доцент к.т.н. Можаров В.А.
МАИ, каф.307
vasilij-ch@ya.ru

Рассматривая проблемы защиты информации, стоит отметить, что наименее решенным является вопрос внутренней безопасности, уязвимостью которой, к примеру, является прямое подключение USB-устройств к вычислительной технике. Это может привести к несанкционированному доступу, утечке или потере важной информации, распространению вирусов.

Решить данную проблему может управляемое устройство удаленного доступа (УУУД), имеющее USB-порты, с понятным для конечного пользователя WEB-интерфейсом. После установки VPN-соединения устройство USB монтируется как локальное и появляется возможность загрузки WEB-интерфейса УУУД.

Для начала работы с УУУД пользователю необходимо авторизоваться. У каждого пользователя имеются определенные администратором права на доступ к определённым портам и наличие или отсутствие возможности управления питанием этих устройств. На странице взаимодействия отображается список всех портов, имена устройств, вставленных в каждый порт, их текущее состояние, а также имеется возможность включения и отключения питания каждого из них в соответствии с доступными конкретным пользователям правами доступа.

Управление питанием необходимо в случае зависания или просто необходимости перезагрузки устройства, вставленного в USB-порт. Именно управление питание отличает разработанную систему от имеющихся аналогов.

Разработка серверной части осуществляется на языке программирования Python с использованием WSGI веб-фреймворка Bottle. Пользовательский интерфейс реализуется также на языке программирования Python. Соответствующие разрешения для пользователей хранятся в базе данных, реализация которой осуществляется при помощи реляционной СУБД SQLite.

Для управления тестовым устройством использовался микрокомпьютер Raspberry PI с установленной ОС Archlinux ARM со стандартным USB/IP. Клиентские компьютеры под управлением Windows подключались, используя USB/IP клиент. Все использованное программное обеспечение и компоненты являются свободно распространяемыми и открытыми.

Разработанный WEB-интерфейса успешно прошел тестирование на эскизном варианте УУУД и в данный момент дорабатывается.

Оценка качества неподвижных соединений с помощью голографической интерферометрии

Чуйко А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Шанин В.И.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
tppisula@mail.ru

В современном машиностроении и приборостроении широко применяются сварные и паяные соединения элементов конструкций. Оценка качества таких соединений, как правило, проводится с помощью средств контроля на базе акустических методов и методов просвечивания. Однако эти средства по различным причинам не получили должного признания в точном приборостроении, вот почему вопросы оценки качества изготовления неподвижных соединений в приборостроении продолжают оставаться актуальной задачей.

В этой связи пристального внимания заслуживают методы голографической интерферометрии, среди существенных достоинств которых применительно к неразрушающему контролю следует выделить:

– одновременное получение информации о всех точках исследуемой поверхности;
– использование в качестве метрологической меры длины световой волны;
– возможность бесконтактного контроля объектов со сложной формой поверхности;
– порог чувствительности, определяемой долями световой волны;
– легкость сопряжения устройств измерения со средствами автоматики;

В данном докладе рассматриваются вопросы выбора способа нагружения бесконтактных соединений, место его приложения и методики получения голографических интерферограмм применительно к поставленной задаче.

В результате анализа существующих способов нагружения контролируемых объектов, их возможностей и сложности аппаратурной реализации было установлено, что для оценки качества неподвижных соединений наибольший интерес представляют способы нагружения объектов исследования на основе температуры и механического перемещения. Они особенно перспективны при контроле соединений двух элементов, один из которых имеет значительно меньшую толщину. Один из вариантов реализации термического способа нагружения и разработанная методика синтеза голограммы были опробованы при оценке качества пайки двух элементов на партии приборных изделий и в результате получены типовые интерферограмы для случая соединения без дефектов и соединения с дефектами в виде непропая.

Проведенные исследования и полученные результаты показали, что голографическая интерферометрия является весьма эффективным средством оценки качества неподвижных соединений деталей и узлов в приборостроении.

Технология интернет вещей в высокотехнологичном производстве

Шапошникова М.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Скородумов С.В.
МАИ, каф. 307
Gattto58000@gmail.com

Концепция сформулирована в 1999 году как осмысление перспектив широкого применения средств радиочастотной идентификации для взаимодействия физических предметов между собой и с внешним окружением. Задействование в «интернете вещей» предметов физического мира, не обязательно оснащённых средствами подключения к сетям передачи данных, требует применения технологий идентификации этих предметов («вещей»).

В ходе работы рассмотрены решения проблемы аварийной опасности в процессе производства, автоматизация работы и уменьшения стоимости производства за счет использования технологии «интернет вещей».

В работе рассмотрены возможности улучшения как современного оборудования, с ЧПУ, так и устаревших моделей с ручным управлением, за счет технологии интернет вещей (IoT).

Выполненная работа предлагает решение проблемы необходимости нахождения человека в цеху технологического производства, с потенциально большим риском травм на производстве и необходимости большого штата сотрудников. Так же, возможно ускорение производства, за счет использования автоматического запуска производящих станков и рабочих единиц через удаленный доступ.

Так же эта технология помогает, автоматизировав процесс производства, отследить ошибки, сбои, неполадки в работе предприятия и устранять их автоматически. А в случае фатальной ошибки устранить опасность для человека за счет практически полной автоматизации производства и отсутствия человека в непосредственной близости от эпицентра.

По результатам проделанной работы можно сделать вывод, что, если усовершенствовать производство с помощью технологии интернет вещей, то сбоев и ошибок на предприятии станет меньше в силу уменьшения количества ошибок из-за человеческого фактора, а себестоимость такого предприятия станет ниже в результате того, что уменьшится количество работников и время простоя оборудования.

Секция «Электротехника и электроэнергетика»

Интегрированные высокоскоростные магнитоэлектрические генераторы для авиакосмической отрасли

Айгузина В.В., Бекузин В.И., Вавилов В.Е.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Исмагилов Ф.Р.
УГАТУ, каф. Электромеханика
vtipy@mail.ru

Электрические генераторы (ЭГ) для перспективных систем электроснабжения играют важную роль в современной аэрокосмической отрасли. Одна из основных тенденций развития перспективных летательных аппаратов (ЛА) – концепция более электрического самолета, которая позволит значительно повысить топливную эффективность ЛА, снизить затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, а также сократить количество выбросы в окружающую среду. В рамках концепции предполагается использование электрической энергии для всех непрямоточных систем, которые традиционно приводятся в движение различными вторичными источниками энергии: гидравлическими, пневматическими, механическими и электрическими, что снижает надежность систем ЛА и увеличивает их энергозатратность. Использование только электрической энергии позволит снизить взлетную массу и расходы на эксплуатацию ЛА, сэкономить топливо, а также повысить надежность и упростить техническое обслуживание.

При этом эффективность всей концепции напрямую зависит от эффективности ЭГ, использующиеся для ее реализации. Эффективность ЭГ при одновременной минимизации массогабаритных показателей и упрощении технического обслуживания может быть достигнуто применением высокоскоростных магнитоэлектрических генераторов (ВМГ), интегрированных в безредукторную вспомогательную силовую установку (ВСУ). При этом частота вращения валов ВСУ и ВМГ составляет до 50000–60000 об/мин, а ВМГ обеспечивает электрический запуск основного авиационного двигателя (стартер-генератор). Кроме того, необходимо применять эффективные конструкции ВМГ, в частности, беспазовые ВМГ, характеризующиеся низкими потерями, высокими удельной мощностью и механическими характеристиками [1]. При этом необходимо детальное исследование данной конструкции и оценка перспективности использования для ВСУ.

Поэтому цель данной работы – разработка конструкции и экспериментальные исследования беспазового ВМГ, а также оценка эффективности применения для безредукторной ВСУ. В ходе работы был разработан прототип беспазового ВМГ с витым магнитопроводом из аморфного железа 5БДСР. В результате экспериментальных исследований установлено, что потери в роторе и пульсации напряжения минимальны; несмотря на увеличенный воздушный зазор, обладает высокими удельными энергетическими характеристиками и имеет более простые схемы охлаждения. На основе исследований прототипа был рассчитан беспазовый ВМГ мощностью 100 кВт для безредукторной ВСУ и разработана его компьютерная модель. По сравнению с пазовым ВМГ [2], беспазовая конструкция обеспечивает низкие потери (на 600 Вт) при более низких массогабаритных показателях (расчетный показатель – не более 0,2 кг/кВт), высокий КПД (97-98%), более простую технологию изготовления, минимальное влияние высших гармоник и отсутствие зубцовых гармоник. Таким образом, предлагаемая конструкция может найти применение в качестве генератора безредукторной ВСУ.

Сравнительный анализ структур прямоходовых преобразователей постоянного напряжения

Белова М.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Крючков В.В.
МАИ, каф. 306
Salirsky@mail.ru

Одной из широко используемых структур преобразователей постоянного напряжения (ППН) является схема однотактного прямоходового ППН (ПППН) с одним силовым ключом. Такая структура по сравнению с двухтактными имеет следующие преимущества: более низкая стоимость устройства, более простое управление, отсутствие проблемы сквозных токов и отсутствие проблемы симметрирования режима перемагничивания сердечников силовых трансформаторов. Однако, у данных преобразователей также имеются свои слабые стороны.

Основные проблемы, присущие ППН: размагничивание сердечника силового трансформатора, потери на переключение силового ключа, кратковременное отклонение напряжения, вызванные индуктивностью рассеяния трансформатора и пульсирующая форма входного тока [1].

Проблема выбросов напряжения из-за индуктивности рассеяния трансформатора связана с большими перенапряжениями на силовых транзисторах, что может привести к выходу их из строя. Эта проблема может быть решена при помощи введения в схему демпфирующих или фиксирующих цепей.

В докладе рассмотрены следующие структуры ПППН [2] с учётом их достоинств и недостатков:

- С ограничивающим стабилитроном;
- «Косой мост»;
- С третьей обмоткой трансформатора;
- С RCD-ограничителем (ППН-RCD);
- С активным ограничителем (ППН-АО);
- С переключением при нуле напряжения и активным ограничителем (ППН-ПНН-АО).

КПД преобразователя может быть повышен благодаря возврату энергии рассеяния в первичный источник. Данным качеством обладают схемы ППН с активным ограничителем (ППН-АО). Этим ограничителем является дополнительный силовой ключ. Такое решение обеспечивает наиболее полное использование трансформатора благодаря балансу заряда ограничивающего конденсатора.

Для входных повышенных напряжений желательно обеспечить работу в режиме переключения при нуле напряжения на силовом ключе (ПНН). Такой режим позволяет обеспечивать более высокую удельную мощность устройства, что является его преимуществом по сравнению с другими структурами.

Достоинствами схемы ППН-ПНН-АО являются: меньшие потери на переключение, сниженные коммутационные помехи, минимальное перенапряжение на силовом ключе. К недостаткам этой структуры следует отнести увеличение потерь на проводимость в силовом ключе.

В результате исследования были выявлены особенности и недостатки каждой из выбранных схем, проведено имитационное моделирование преобразователей.

Анализ режимов, реализуемых в трехфазных инверторах

Благинин Д.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Крючков В.В.
МАИ, каф. 306
Danilablaginin@yandex.ru

В бортовых и наземных системах ЛА используются трехфазные инверторы: для управления электродвигателями различного назначения; для преобразователей частоты,

как источники питания приборных систем и т. д. Требования к выходным параметрам трехфазных инверторов: форма выходного напряжения (приближения ее к синусоидальной), стабильность, угол сдвига между фазами и т. д.

Неотъемлемой частью трехфазного инвертора является силовой фильтр, необходимый для формирования заданного качества выходного напряжения (коэффициента гармоник). При этом его параметры во многом определяют массу и габариты всего устройства.

Трехфазный инвертор может быть выполнен в виде трехфазного мостового коммутатора, либо в виде трех однофазных мостовых инверторных ячеек, соединенных по цепи питания параллельно.

Один из основных вопросов при проектировании инверторов напряжений – выбор режима формирования импульсного напряжения на выходе мостового коммутатора инвертора. Существуют различные способы управления трехфазными инверторами: формирование многоуровневых напряжений; кодовое широтно-импульсное регулирование (ШИР-КД); широтно-импульсная модуляция по синусоидальному закону (ШИМ-СИН); векторная ШИМ. С помощью трехфазного мостового коммутатора могут быть реализованы режимы: многоуровневых напряжений, ШИР-КД и ШИМ-СИН.

Режим ШИР-КД позволяет улучшить спектральный состав напряжения, но он обладает существенным недостатком. При использовании ШИР-КД число исключаемых высших гармоник равно числу импульсов за четверть периода основной гармоники, что увеличивает потери в ключах при увеличении числа исключаемых гармоник. При многоуровневых напряжениях для устранения высшей гармоники необходимо формировать один уровень за четверть периода входного напряжения. При большом числе импульсов за период, наиболее эффективным способом будет еще один тип ШИМ – ШИМ-СИН. ШИМ-СИН делится на две категории: режим двухуровневой ШИМ-СИН – ШИМ-СИН2 и режим трехуровневой ШИМ-СИН – ШИМ-СИН3. Число исключаемых высших гармоник в режиме ШИМ-СИН2 равно $p-2$, а в режиме ШИМ-СИН3 равно $p-3$, где p – число импульсов за половину периода основной гармоники выходного напряжения. При этом следует учитывать, что для реализации с помощью трехфазного мостового коммутатора число импульсов на половине периода должно быть кратно трем.

Анализ показал, что наиболее целесообразно с точки зрения исключения высших гармоник, использование режима ШИМ-СИН3.

Выбор рациональной конструкции активных ВТСП-подвесов

Беляева В.А., Геворкова А.В.
Научный руководитель – к.т.н. Иванов Н.С.
МАИ, каф.310
nasti96@mail.ru

В настоящее время люди всего мира затрачивают очень много времени на дорогу в метро, автобусах и автомобилях. В разных странах всего мира ведется разработка высокоскоростного транспорта. Транспортные системы на основе эффекта магнитной левитации оказываются рациональными на расстояниях порядка 2000-3000 км. Такие системы могут развивать скорость до 500 км/ч, и имеют низкие энергозатраты связанные с рекуперацией энергии в процессе торможения. Использование высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) позволяет улучшить левитационные свойства бесконтактных транспортных систем и снизить затраты энергии при эксплуатации.

Уравнения электромагнитного поля могут быть решены численными методами, которые позволяют более точно учесть электромагнитные свойства реальных ВТСП-подвесов. Одним из наиболее перспективных и широко используемых в настоящее время является метод конечных элементов. В данной работе расчёт распределения магнитных полей в активной зоне магнитного ВТСП-подвеса и его левитационных характеристик производится на основе МКЭ с помощью пакета прикладных диалоговых программ "ELCUT".

В ходе работы были рассмотрены и промоделированы два вида магнитного подвеса, состоящих из трех рядов постоянных магнитов, стального основания и одного, или трех рядов ВТСП катушек. В магнитном подвесе с одной рейстрековой катушкой достигается большее значение левитационной силы, чем с тремя, поэтому было принято решение продолжить исследование подвеса с одной ВТСП-катушкой. Также установлено, что использование рейстрековых катушек в системах магнитного ВТСП-подвеса позволяет получать более высокие значения магнитного поля и электромагнитной силы левитации по сравнению с аналогичными системами с постоянными магнитами из редкоземельных материалов.

Для выбора наиболее рациональной конструкции было рассмотрено множество вариантов размерности рейстроковой катушки. С помощью программного комплекса "ELCUT" были получены значения силы левитации и определена ее зависимость от геометрических размеров ВТСП-катушек. Установлено, что с ростом ширины и высоты катушки увеличивается значение силы левитации. Максимальная сила левитации достигается при равных отношениях ширины сердечника к ширине катушки вне зависимости от высоты катушки и ее абсолютной ширины.

Полученные результаты могут быть использованы при создании макетного образца магнитолевитационной системы на основе постоянных магнитов и ВТСП-катушек.

Повышение эффективности трансформаторно-выпрямительного устройства

Вавилов В.Е., Гусаков Д.В., Ялалова З.И.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Исмагилов Ф.Р.
УГАТУ, каф. ЭМ
gusakov.den@mail.ru

Для авиационной области основными критериями оценки являются массогабаратные показатели и КПД. Таким образом, целью данной работы является разработка трансформаторно-выпрямительного устройства (ТВУ) повышенной эффективности при сохранении тех же массогабаритных показателей. Основной причиной снижения КПД в ТВУ являются большие потери холостого хода, появляющиеся вследствие потерь на вихревые токи, потерь в стали на перемагничивание, потоков рассеяния. Устранить эти потери предлагается с помощью изготовления магнитопровода ТВУ из аморфной стали. Аморфные стали имеют малое значение магнитной индукции насыщения по сравнению с холоднокатаной электротехнической сталью. Поэтому для сохранения массогабаритных показателей необходимо увеличить плотность тока в обмотках трансформатора. Это, в свою очередь, приведет к увеличению температуры обмоток, поэтому в данном случае необходимо применение термостойких проводов (например, ПНЭТ-имид с температурным индексом 220 °С).

В настоящее время выпускаются различные аморфные ленты. Для расчетов были выбраны сплавы марок 5БДСР (B=1,3 Тл, P_{xx}=1,1 Вт/кг), 1 СР (B=1,5 Тл, P_{xx}=4 Вт/кг) производства ПАО «Ашинский металлургический завод», АМАГ 321 (B=1,8 Тл, P_{xx}=6 Вт/кг) производства ОАО «Мстатор» и Metglas 2605CO (B=1,8 Тл, P_{xx}=3 Вт/кг) производства *HitachiMetals.*

Для определения массогабаритных показателей и потерь холостого хода были произведены численные расчеты ТВУ с магнитопроводом из различных аморфных сталей со следующими параметрами S=10,5 кВА, U_1=115 В, U_2=27 В, f=400 Гц, P_d=9 кВт. Первичная обмотка соединена по схеме «звезда», схемы соединения вторичных обмоток – «звезда» и «треугольник», нагруженные на диодные мосты через уравнительный реактор. В таблице 1 приведены результаты расчетов.

Таблица 1. Сравнение ТВУ с магнитопроводами, выполненными из различных сплавов.

Наименование параметра	5БДСР	1СР	АМАГ 321	*Metglas Alloy 2605CO*
Масса металла обмоток, кг	2,48			
Масса магнитопровода, кг	4,04	3,5	2,92	2,76
Потери в магнитопроводе, Вт	4,44	10,85	17,5	8,27

Как видно из приведенной таблицы 1, наименьшими потерями холостого хода обладает трансформатор с магнитопроводом из сплава 5БДСР, однако он же обладает наибольшей массой, что является важным критерием для авиационной области применения. Наибольшими потерями холостого хода обладает трансформатор с магнитопроводом из сплава АМАГ 321. Наименьшей массой и достаточно низкими удельными потерями холостого хода обладает трансформатор с магнитопроводом из сплава *Metglas Alloy 2605CO* и 1СР.

Такой же трансформатор, магнитопровод которого выполнен из обычной холоднокатаной электротехнической стали, будет обладать той же массой, однако потери холостого хода составят примерно 100-150 Вт. При выполнении магнитопровода трансформатора из аморфной стали стоимость возрастет незначительно, а низкие потери холостого хода существенно сократят расходы при эксплуатации.

Работа выполнена при поддержке гранта НШ-6858.2016.8.

Бесконтактный стартер-генератор перспективного двигателя вертолета

Винокуров П.В., Куприянов А.Д.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Шевцов Д.А.
МАИ, каф. 306
vinokurovpetr1@gmail.com

В настоящее время в системах запуска и генерирования вертолетов широкое применение находят коллекторные машины. К их основным преимуществам относят наилучшие массогабаритные показатели, простоту реализации стартерного и генераторного режимов, простоту стабилизации напряжения в широком диапазоне частот вращения и рабочих нагрузок, высокую кратность пускового момента и др. Огромный опыт разработки, изготовления и эксплуатации, широкая номенклатура уже разработанных изделий делают этот тип электрических машин предпочтительными для проектов со сжатыми сроками реализации. К недостаткам в эксплуатации можно отнести загрязнение внутренней полости машины щеточной пылью, необходимость регламентного обслуживания, связанного с частым осмотром и заменой щеток, периодическая проточка коллектора, требующая снятия с двигателя.

Вместе с тем, современные тенденции развития авиационных газотурбинных двигателей (ГТД), связанные с увеличением частоты вращения для повышения эффективности работы турбины, снижением массы, объемов регламентных работ и эксплуатационных расходов в целом, предопределяют отказ от щеточных машин.

Среди бесконтактных электрических машин в системах запуска и генерирования вертолетов могут найти применение двухкаскадные синхронные машины с электромагнитным возбуждением и вращающимися выпрямителями, вентильные с постоянными магнитами либо вентильно-индукторные машины.

В последнее время по причине простоты и надежности конструкции все большее распространение находят вентильно-индукторные машины (ВИМ), у которых стартерный и генераторный режимы могут быть обеспечены одним преобразователем. Простота и технологичность конструкции ротора, возможность работы при высоких механических и тепловых нагрузках позволяет говорить о возможности интеграции электрической машины с ротором ГТД и исключении трансмиссии и коробки приводов. Конструкция ротора обеспечивает такие преимущества, как: низкая стоимость, высокая надежность, возможность работы на предельных для электротехнический сталей окружных скоростях. Возможность работы на выскоких и сверхвысоких частотах вращения может обеспечить ВИМ массо-габаритные показатели на уровне машин с постоянноми магнитами, для которых не доступны окружные скорости свыше 150-200 м/с.

В докладе рассмотрены основные задачи, которые требуется решить для разработки системы запуска и генерирования перспективного двигателя вертолета на основе вентильно-индукторной машины интегрированной с ГТД.

Сравнительный анализ усреднённых моделей различных DC-DC преобразователей

Воропаев В.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Аверин С.В.
МАИ, каф. 306
112_95@mail.ru

Проектирование преобразователей переменного напряжения с нестабильной входной частотой и стабильной выходной частотой – важный аспект проектирования системы электроснабжения летательного аппарата. Наиболее ответственные нагрузки нужно питать напряжением стабильной частоты, в то время, как генератор, установленный на вал маршевого двигателя вырабатывает электрический ток, параметры которого изменяются в зависимости от режима полёта. Существующий метод получения переменного напряжения стабильной частоты с применением привода постоянной частоты вращения имеют ряд недостатков: низкий коэффициент полезного действия, большие расходы на приобретение и эксплуатацию, частные ремонтные работы, провалы частоты при резких изменениях нагрузки. Применение преобразователей частоты может увеличить срок службы оборудования и снизить затраты на ремонтные мероприятия.

Преобразователь частоты представляет собой сложную систему, которая состоит из нескольких ключевых частей. К ним относятся: звено преобразования переменного напряжения с нестабильной частотой в нестабилизированное постоянное напряжение (AC-DC звено); звено стабилизации постоянного напряжения (DC-DC звено); звено преобразования постоянного напряжения в переменное напряжение со стабильной частотой (DC-AC звено).

Полное моделирование такой разнородной системы является сложной задачей. Во-первых, процесс моделирования займёт большое количество времени. Во-вторых, при моделировании такой системы возникают проблемы со сходимостью решений уравнений, по которым происходит процесс моделирования. В-третьих, при попытках устранить проблемы со сходимостью, ухудшается точность результатов.

В данной работе предлагается не проводить полное имитационное компьютерное моделирование системы, а заменить DC-DC звено усреднённой схемной моделью. Такая замена позволит ускорить процесс моделирования, сохранив точность результатов на заданном уровне.

Рассмотрены повышающий и понижающий преобразователи постоянного напряжения и составлены соотношения для получения их усреднённых схемных моделей. Проведено моделирование и сравнение результатов моделирования ключевых и усреднённых схем DC-DC преобразователей при их работе отдельно от системы и в составе преобразователя частоты. Установлено, что результаты моделирования с применением усреднённых схемных моделей отличаются от результатов моделирования ключевых схем незначительно.

Трехмерное моделирование полностью сверхпроводникового электродвигателя мощностью 1 МВт для привода гребных винтов

Габрелян А.С
Научный руководитель – к.т.н. Иванов Н.С.
МАИ, каф. 310

Представлено трехмерное моделирование полностью сверхпроводникового электродвигателя с кольцевой обмоткой якоря мощностью 1МВт для привода гребных винтов. Было проведено исследование, целью которого являлось определение магнитного поля сверхпроводниковой катушки в зависимости от ее конфигурации. Результаты исследования были применены для дальнейшего проектирования и моделирования электродвигателя.

Тенденции к применению переменного тока на судах заставляет обратить особое внимание на использование сверхпроводящей обмотки для мощных электрических

машин, используемых в качестве двигателей. Главным преимуществом таких двигателей является отсутствия жесткой механической связи между движителем и вращающим винтом, приводимым в действие гребным электродвигателем. Это позволит поднять электромагнитные нагрузки в 2-3 раза, повысить КПД и в несколько раз снизить габариты и вес машины вместе с охлаждающим устройством.

Как известно, критический ток высокотемпературных сверхпроводниковых (ВТСП) лент зависит от внешнего магнитного поля, в том числе и собственного. Само же распределение магнитного поля зависит, как от МДС обмотки, так и от геометрической формы катушек. Расчет и моделирование электрических машин такого типа осложнено в связи с отсутствием универсальных методик расчета. Отсюда была сформулирована задача, целью которой является определение магнитного поля катушки в зависимости от ее конфигурации. Варьируемыми геометрическими параметрами катушки ОВ стали: её относительная ширина b/b_s и высота h. Для решения поставленной задачи было выполнено трехмерное моделирование катушки ОВ в модуле “Ansys Maxwell”.. Моделирование показало, что наиболее оптимальное значение относительной ширины катушки ОВ составляет 1, при минимальной высоте.

Полученные результаты были использованы при проектировании и моделировании сверхпроводникового электродвигателя с кольцевой обмоткой с учетом влияния внешнего поля на ток сверхпроводника. Целью моделирования являлся поиск наиболее рационального варианта конструкции двигателя для достижения заданной мощности 1МВт. При этом в моделировании рассматривалось как исследование геометрии катушек ротора, так и статора. Это дает возможность наиболее точно оценить основные параметры двигателя и сопоставить их при различных видах расчета: от аналитического до двухмерного и трехмерного моделирования.

Исследование влияния погодных факторов на выходные параметры поликристаллической солнечной батареи в условиях города Уфы

Гатауллин Р.Р.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Андреев И.Б.
УГАТУ, каф. ЭиБТ
QTU100@gmail.com

Солнечная электроэнергетика на сегодняшний день является одним из наиболее перспективных направлений энергетики. Главный принципиальным недостатком солнечных батарей (СБ) является несовпадение пика потребления с пиком генерации и отсутствие выработки в течении темного времени суток. Кроме того, генерируемая мощность может сильно колебаться под влиянием погодных факторов. При этом в случае автономных устройств компенсирование длительных потерь мощ-ти не всегда возможно.

Целью данной работы является исследование влияния погодных факторов на выходные параметры поликристаллической солнечной батареи. Ставятся задачи оценки отклонений параметров пасмурных дней по отношению к ясным и выявление влияющих факторов и характера из воздействий.

Для этого была построена экспериментальная установка, состоящая из поликристаллической солнечной панели, закрепленной горизонтально и устройства записи показания токов на нагрузках с сопротивлением лежащем в диапазоне от 43 до 240 Ом, напряжения холостого хода и температуры панели. Снятие параметров осуществлялось с интервалом 5 минут. Также велся визуальный мониторинг погодных условий и состояния СБ. Каждые два дня поверхность панели очищалась.

Установка располагалась в черте города Уфы на балконе 4 этажа, находящемся на стороне дома смотрящей на юг. Для исключения (уменьшения) влияния факторов окружения были предприняты следующие меры:

1. Оценка параметров велась для двух близлежащих дней, для которых величиной приращения склонения можно пренебречь.
2. Сравнению подвергались не абсолютные значения параметров, а относительные.

Для оценки влияния погодных явлений выбиралась пара дней из которой один был ясным, а в другом наблюдалось проявление одного или нескольких исследуемых факторов. Выводы строились на основе сравнения параметров таких как:

1. Мощность, а также пиковый и средний КПД для каждого сопротивлений нагрузки.
2. Интервал 80% выработки и кол-во скачков тока более чем на 30% на этом инт-ле.
3. Среднее и медианное значение тока и напряжения холостого хода.

Показания температуры использовались для перерасчета выходного тока и напряжения холостого хода панели на температуру 25 градусов Цельсия.

На основании метеонаблюдений был выявлен ряд погодных явлений, которые могут оказывать влияние на исследуемые параметры. К ним относятся: образование утреннего инея на поверхности СБ, снегопад, ветер, наличие туч / сплошных, неоднородных, редких и рваных облаков.

На основе результатов обработки численных экспериментальных данных были сделаны следующие выводы:

- Образование утреннего инея уменьшает выработку на ~30%.
- Плотные тучи или снег толщиной >0.5 см снижает выработку на 90% и более. При этом в отличии от снега тучи за счет рассеивания света выравнивают распределение тока по времени.
- Облака не всегда приводят к уменьшению вырабатываемой мощности. Рваные и редкие облака перераспределяют выработку не уменьшая ее. В этом случае поглощение компенсируется отражением света при крайних значениях временного угла и добавочной составляющей в виде рассеянного света при средних.
- Ветер небольшой силы способен сводить на нет заснеживание поверхности СБ.

Автоматизированное рабочее место по исследованию системы электроснабжения самолета Ил-76 в среде имитационного моделирования Simulink

Губанов К.А., Евдокимов Я.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Бочаров А.С.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 91
bocharov_a_s@mail.ru

Для исследования систем электроснабжения (СЭС) воздушных судов (ВС) наиболее подходящей программой моделирования является Simulink, предназначенная для имитационного моделирования различных технических систем, в том числе электротехнических. Достоинством данной программы является то, что сложные электротехнические системы можно моделировать, сочетая методы имитационного и структурного моделирования, что позволяет значительно упростить всю модель. Кроме того, в модели с использованием блоков SimPowerSystems можно использовать блоки и остальных библиотек Simulink, а также функции самого Matlab, что дает широкие возможности для моделирования.

Целью работы является разработка автоматизированного рабочего места (АРМ) по исследованию СЭС самолета Ил-76 с использованием имитационных моделей, разработанных в программе Simulink.

Структурно разрабатываемое АРМ по исследованию СЭС ВС содержит следующие элементы.

Блок модели электроэнергетической системы ВС – программный блок, содержащий модель СЭС самолета переменным током, модель СЭС самолета постоянным током и модели имитации потребителей электроэнергии требуемого напряжения.

Блок измерительных систем и блоков – программный блок, содержащий разработанные в программе Simulink измерительные блоки для контроля изменения параметров исследуемой СЭС ВС. Данные блоки управляются программой Matlab и работают совместно с блоком модели электроэнергетической системы.

Блок эксплуатационной документации – программный блок, содержащий эксплуатационные документы по рассматриваемой СЭС ВС. В данный блок включены: руководство по технической эксплуатации СЭС ВС; особенности эксплуатации СЭС ВС; отказы, неисправности СЭС ВС и способы их устранения; особые случаи в полете при эксплуатации СЭС ВС.

Блок справочной документации – программный блок, содержащий справочную литературу по рассматриваемой СЭС ВС. В данный блок включены: общие сведения об исследуемом самолете; описание СЭС переменного и постоянного тока.

Рабочее место представляет собой персональный компьютер с имеющимся программным обеспечением – системой Matlab&Simulink, программами Microsoft Word, Microsoft PowerPoint и AdobeAcrobat и установленными файлами – имитационной моделью электроэнергетической системы самолета Ил-76, а также с эксплуатационной и справочной документацией. Графический интерфейс пользователя позволяет запускать для выполнения все имеющиеся блоки документации и имитационную модель исследования.

В результате исследования разработанной имитационной модели СЭС Ил-76 получены графики параметров СЭС. Подключение различного рода потребителей электроэнергии не повлияли на изменение выходного напряжения в системе. Что свидетельствует о правильной настройке модели, адекватной ее работе и хороших динамических свойствах.

Архитектура программного обеспечения АРМ открыта, следовательно, по желанию преподавателей или курсантов (слушателей) под руководством преподавателей, в рамках проведения военно-научной работы, имеется возможность изменения моделей, выполненных в программе Simulink, с целью улучшения, как эргономических функций, так и для расширения функциональных возможностей для проведения исследований.

Разработка системы оповещения о предынсультном состоянии человека

Гунькин А.М., Пономарёв И.И., Примаченко Г.К.
Научный руководитель – к.т.н. Иванов Н.С.
МАИ, каф. 310
andreygunkin@gmail.com

В 2016 году количество людей в возрасте от 40 до 45 лет, попадающих в больницу с инсультом, возросло в 3 раза по сравнению с 2001 годом. При инсульте нарушается кровообращение мозга, что может приводить к потере двигательных и речевых функции, а иногда и к параличу. В таком состоянии человек не способен позвать на помощь. В ряде известных случаев, произошедших в общественных местах, окружающие принимали состояние людей, парализованных инсультом, за состояние алкогольного опьянения. Такое происшествие ни коим образом не вызывало желания помочь пострадавшему. Вследствие чего медицинская помощь оказывалась несвоевременно, что повлекло за собой тяжёлые последствия для организма, а в некоторых случаях летальный исход.

Существует несколько методов распознавания инсульта у человека, основанных на проведении тестирования моторных функций организма:

- Не может улыбнуться. Уголок рта опущен (выражение перекошенного рта).
- Одна рука ослабла. Не может поднимать обе руки одновременно.
- Не может разборчиво говорить.
- Не может вспомнить имя или недавние события.

При данных симптомах необходима незамедлительная помощь врача.

Для проведения диагностики предынсультного состояния необходимо разработать портативный прибор, считывающий электрокардиограмму и электроэнцефалограмму. Для анализа состояния достаточно нескольких отведений, принимающих сигналы от речевой части головного мозга и от сердца. Прибор соотнесёт показания частоты сердечных сокращений с активностью речевой части головного мозга, что позволит диагностировать предынсультное состояние. Наряду с этим возможно размещение нескольких отведений на мышцах рук, и в зоне коры, отвечающей за их движения, для мониторинга

прохождения нервного импульса от мозга. Прибор возможно оснастить модулем GPRS и ГЛОНАСС для вызова неотложной скорой помощи и определения местонахождения пострадавшего. Также возможно использовать модуль голосового оповещения. Для уменьшения размеров и энергопотребления необходимо оснастить прибор модулями связи с телефоном по протоколам Bluetooth и Wi-Fi.

На данный момент разработана схема для снятия ЭКГ с запястья человека с помощью двух отведений. Отведения представляют собой электроды, плотно прилегающие к поверхности кожи человека, с помощью которых определяется разность потенциалов. Сигнал от электродов поступает к АЦП через гальваническую развязку и усилитель, что позволяет исключить утечки тока на кожу. Далее сигнал в цифровом формате поступает на микроконтроллер где программным способом происходит фильтрация шумов и формирования ЭКГ. Также определяется время между QRS комплексами, что соответствует пульсу человека. Прибор анализирует: удлинение электрической систолы желудочков, увеличение амплитуды положительных зубцов T (с порогом 0,5 мВ), увеличение высоты зубцов U, появление отрицательных зубцов T и интервала QT, смещение сегмента ST, характерный для повреждения миокарда и патологию зубцов Q. При их возникновении подаётся сигнал тревоги, если человек не нажимает кнопку сброса, то вызывается скорая помощь.

Прибор возможно выполнить в виде наручных часов. Для удобства эксплуатации и сохранения эстетики, электроды отведений для ЭЭГ могут быть выполнены в виде головной повязки. Рассматривается альтернативный вариант выполнения отведений в виде обода для волос.

Данный прибор можно применять для людей, входящих в группу риска инсульта. Он поможет диагностировать предынсультное состояние и оповещать окружающих об этом, а также способен вызвать скорую медицинскую помощь.

Применение микроконтроллеров для измерения параметров системы электроснабжения воздушных судов

Железняк О.А.
Научный руководитель – к.т.н. Дмитриев В.М.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 91
dvm84@bk.ru

Достоверное измерение токов и напряжений в системе электроснабжения воздушного судна является важным аспектом обеспечения высокой надёжности и безопасности полетов авиации. Разнообразные датчики применяются для определения текущей нагрузки на сеть, разбаланса токов, мониторинга и диагностики цепей, обеспечения защиты систем электроснабжения, обнаружения отказов электрооборудования и аварийных состояний различных типов нагрузки.

В качестве датчиков токов в системах электроснабжения воздушных судов обычно используются резистивные датчики и трансформаторы тока, при этом последние могут использоваться только в цепях переменного тока. Все большее распространение получают системы на основе эффекта Холла, преимущество их использования состоит в обеспечении гальванической развязки между измеряемой и информационной цепью, сохранении фазы и частоты измеряемого тока.

Для измерения напряжения обычно используются делители напряжения, измерительные трансформаторы на борту также присутствуют классические электромеханические измерительные приборы.

В настоящее время все большее распространение получают статические преобразователи постоянного тока в переменный, а также преобразователи, повышающие напряжение постоянного тока. В связи с этим в сетях электроснабжения воздушных судов все больше проявляется воздействие нелинейных искажений синусоидальной формы напряжений в сетях переменного тока, присутствие в них постоянной составляющей. Влияние формы огибающей напряжения и тока на результат их измерения традиционными способами, требует использовать новые подходы к измерению

действующих значений напряжения и тока. Таким подходом может быть использование микроконтроллеров для измерения параметров систем электроснабжения воздушных судов. При этом микроконтроллеры могут быть использованы как для правильного измерения напряжения и тока, так и для определения угла сдвига фаз между напряжением и током для измерения текущего коэффициента мощности. Кроме того, микроконтроллеры в совокупности с электронными коммутирующими устройствами могут обеспечить оптимальный режим работы системы электроснабжения, значительно снизить или вообще исключить колебания напряжения в цепях переменного и постоянного тока, обеспечить равномерную загрузку каналов генерирования и распределения электроэнергии.

Таким образом, настоящий проект направлен на повышение качества управления и контроля работы системы электроснабжения. За счет использования микроконтроллеров можно повысить точность измерения основных параметров, также возможно определение дополнительных параметров системы электроснабжения согласно ГОСТ Р54073–2010. Выступая в качестве интеллектуальных датчиков в составе системы электроснабжения, микроконтроллеры могут самостоятельно выявлять и сигнализировать аварийные или перегрузочные режимы работы того или иного элемента системы электроснабжения. В целом, внедрение микроконтроллеров для измерения параметров систем электроснабжения позволит значительно расширить возможности управления, контроля, оценки и прогнозирования текущего состояния.

Перспективная структура системы генерирования для маневренного самолета

Задачин А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Шлеенкин Л.А.
МАИ
al---i@mail.ru

В последнее время наиболее активно ведутся работы по наращиванию энерговооруженности систем электроснабжения самолетов. Это связано с постепенным отказом от использования гидравлической и пневматической энергии в качестве вторичной энергии, что обеспечит в конечном итоге увеличение объема и сложности решаемых задач, снижение стоимости эксплуатации, повышение надежности и безопасности полетов, а также улучшение экологической обстановки. В свою очередь, для реализации новых возможностей и задач необходимы новые подходы к проектированию систем электроснабжения (СЭС), заключающиеся в изменении структуры системы генерации электроэнергии и переходе на повышенные напряжения как постоянного, так и переменного токов.

В данной работе представлен один из перспективных вариантов наиболее эффективной СЭС обеспечивающей качество электрической энергии в соответствии с ГОСТ Р 54073-2010. Такой системой является система генерирования повышенного напряжения (СГПН). СГПН представляет синхронный генератор (СГ) с постоянными магнитами (ПМ) на роторе, управляемый полупроводниковый выпрямитель (УПВ), фильтр и редуктор. Благодаря использованию редуктора (вместо привода постоянных оборотов (ППО) вала СГ), есть возможность повысить частоту вращения генератора, что приводит к уменьшению габаритов и массы СГ. В качестве повышения надежности СЭС на валу стыковки СГ и редуктора имеется проточка, которая разрушается в случае возникновения заклинивания СГ или других неблагоприятных ситуациях, питание необходимых для завершения полета систем обеспечивается за счет резервных источников. Так как маневренный самолет (МС) представляет модульную структуру бортового оборудования вследствие чего не возникнет проблемы замены ППО на редуктор и прочих изменений. Потребители переменного тока частотой 400 Гц питаются от преобразователя (конвертер – преобразователь переменного напряжения одной величины в переменное напряжение другой величины), а постоянного от инверторно-трансформаторного преобразователя (ИТП).

Управление режимами УПВ напряжения в СГПН заключается в решении следующих основных задач: обеспечения требуемого значения выпрямленного напряжения и стабилизации его заданного значения в условиях изменения тока нагрузки, а также при изменении частоты и напряжения СГ и обеспечения требуемого качества электрической энергии на основе критерия гармонического состава потребляемого тока и коэффициента мощности модуля УПВ как элемента СГПН.

В рамках данной работы были решены вопросы облика структуры СЭС с учетом особенностей потребителей МС, вопросы организации производства на базе автоматизированного оборудования, а также рассмотрена экономическая целесообразность внедрения такой СЭС на борт МС.

Электропривод воздушных винтов для малоразмерного БПЛА на основе биротативного электродвигателя

Занегин С.Ю., Шишов Д.М.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ковалев К.Л.
МАИ, каф. 310
ju188uhu@mail.ru

Важнейшей задачей при проектировании электропривода воздушных винтов является максимизация КПД и мощности при минимальной массе для улучшения пилотажных характеристик и дальности полета. Одним из выходов является нестандартное исполнение двигателя – биротативное или контр-роторное. В биротативном двигателе (БД) полезно используется момент, действующий на статор, который в данном исполнении играет роль второго ротора, и установлен на дополнительные подшипниковые опоры. Энергия на него передается посредством щеточно-контактного узла. Таким образом, реализуется безредукторная схема вращения соосных воздушных винтов от электрической машины с одной активной зоной.

Для создания эффективной ВМГ на основе БД требуется пара специально подобранных воздушных винтов. Известный на сегодняшний день опыт создания ВМГ на соосных винтах основывается на схеме, в которой каждый из ВВ приводится в движение собственным двигателем, и, следовательно, плохо применим к ВМГ на БД. Объясняется это условием равенства электромагнитных моментов на валах двигателя, что, в свою очередь, требует проведения новых экспериментальных исследований с учетом данного требования.

В докладе приводится информация об особенностях конструкции БД малой мощности (до 800Вт, частота вращения валов до 15000об/мин) с учетом применения в малогабаритных ЛА и работы с серийно выпускаемыми инверторами (т.н. регуляторами хода). Приведена конструкция стендов для получения изолированных характеристик ВВ, для последующего исследования соосных пар винтов на лабораторной установке, имитирующей работу разработанного биротативного двигателя. Также приводятся результаты, полученные на стенде для исытаний ВМГ: сравнительные характеристики различных ВВ, их удельные параметры, а также КПД силовой установки (регулятор хода - электродвигатель - винт) в зависимости от настроек регулятора хода.

Оценка параметров полностью сверхпроводниковой электрической машины и ее системы охлаждения

Иванов Н.С., Кобзева И.Н.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ковалев К.Л.
МАИ, каф. 310
irina.kobzeva.93@bk.ru

Одним из перспективных направлений развития современных транспортных систем является переход на электродвижение. Это актуально и для авиационной промышленности. Однако, для решения данной задачи необходимо создание электрических машин с высокой удельной мощностью – свыше 20 кВт/кг. Достичь таких

показателей удельной мощности возможно только при использовании криогенного охлаждения и современных сверхпроводниковых (СП) материалов.

Удельная мощность обычных электрических машин ограничена тепловыми потерями, и плотность тока в этом случае не превышает 5-20 А/мм^2. Применение СП материалов позволяет поднять конструктивную плотность тока в обмотках до значений 150 А/мм^2 и более.

До недавнего времени СП обмотки, запитываемые постоянным током, применялись лишь в качестве обмоток возбуждения индукторов электрических машин. Якорь таких машин выполнялся традиционной конструкции с медными или алюминиевыми обмотками. Это было связано с высоким уровнем потерь в высокотемпературных сверхпроводниковых (ВТСП) материалах при работе на переменном токе. Однако, современные ВТСП ленты обладают существенно более низкими потерями при частотах вплоть до 100Гц и охлаждении жидким азотом. Последнее позволяет приступить к разработке и созданию полностью СП электрических машин с ВТСП обмотками в индукторе и якоре.

При проектировании СП электрических машин, встаёт актуальная задача количественной оценки расхода хладагента. В настоящее время для охлаждения ВТСП электрических машин применяется жидкий азот (77 К) в качестве хладагента. Расход хладагента определяется суммарными потерями в электрической машине. В общем виде, потери в СП электрических машинах можно разделить на потери в ВТСП ленте на переменном токе, магнитные потери во внешнем ферромагнитном экране и потери от внешних теплопритоков. Таким образом, для наиболее полной оценки преимуществ ВТСП электрических машин необходимо проводить комплексную оценку системы, включающей в себя преобразователь и систему его охлаждения.

В данной работе приводятся аналитические соотношения, связывающие параметры ВТСП электрической машины и системы охлаждения. Полученные соотношения основываются на предыдущие методики расчета основных параметров СП машин без стального магнитопровода с внешним экраном. Полученные соотношения позволяют проводить оценку удельной мощности системы, включающей в себя ВТСП машину и систему охлаждения. При этом могут быть учтены свойства используемого сверхпроводника, геометрические размеры активной зоны машины, свойства теплоизоляционных материалов и т. д.

Проведенная оценка необходимого количества хладагента при различных типах системы охлаждения на основе определенных потерь показывает, что необходимый запас хладагента и вес всей системы охлаждения оказывается минимальным при использовании испарительной системы. Для увеличения токонесущей способности ВТСП, может быть использована замкнутая прокачная система охлаждения.

На основе полученных соотношений проведена комплексная оценка ВТСП электрической машины, определены основные параметры как самой машины, так и ее системы охлаждения, проведена их оптимизация с целью увеличения удельной мощности системы.

Измерение падения напряжения в щеточно-контактном узле в среде жидкого азота

Иванов Н.С., Коренчук К.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Дежин Д.С.
МАИ, каф. 310
Kirill.Korenchuk@bk.ru

С учетом новых тенденций в создании гибридных и полностью электрических самолетов и возрастающего энергопотребления на борту стали создаваться и новые типы электрических машин, а именно криогенные электрические машины (КЭМ). В таких машинах обычные медные проводники заменены на сверхпроводниковые ВТСП ленты. Это позволило значительно увеличить плотности токов в обмотках электрических машин. Для обеспечения охлаждения ВТСП катушек КЭМ работают в специальных сосудах –

криостатах. В роли хладагента, чаще всего, выступает жидкий азот, но могут использоваться и другие криогенные жидкости.

Передача энергии на вращающиеся катушки ротора осуществляется через щеточно-контактный узел (ЩКУ). Для этого используются металлографитовые щетки и медные, бронзовые или стальные контактные кольца.

Большой интерес представляет измерение потерь на ЩКУ, т.к. их величина в сумме с другими потерями обуславливает ряд параметров таких, как расход хладагента, мощность охлаждающей установки и, следовательно, вес всей системы. Снижение потерь на узле ввода тока в сверхпроводниковые обмотки позволит увеличить удельную мощность ВТСП электрических машин и их систем охлаждения.

В классических машинах все испытания ЩКУ проводятся в воздушной среде. Применительно к КЭМ, данные испытания необходимо проводить не только на воздухе, но и в среде хладагента – жидкого азота.

Непосредственно на контактных кольцах потери, как правило, не велики. Однако их рост приведет к повышенному расходу хладагента. Стоит отметить, что для снятия 100 Вт потерь, выделяющихся в электрической машине, необходимо израсходовать 1,5 л жидкого азота в час. Для промышленных установок большой мощности используются криогенные системы охлаждения замкнутого типа. Их применение обусловлено высоким тепловыделением в электрических машинах. КПД таких систем охлаждения не превышает 10%, а их размеры значительны. В связи с этим, при создании ВТСП электрических машин целесообразно уменьшить все виды потерь.

В процессе исследований были проведены эксперименты, в ходе которых измерялись сопротивления проводов, подключенных к цепям якоря и возбудителя через ЩКУ. Замеры проводились как на воздухе, так и в среде жидкого азота. В ходе экспериментов удалось адаптировать классические методы исследования параметров ЩКУ для среды жидкого азота. Было установлено, что величины сопротивления в цепях оставались постоянными независимо от среды (воздух/жидкий азот).

Падение напряжения было измерено при помощи контактных щупов: один из них соединялся со щеткой, а другой – с вращающейся частью машины. Конструкция щупа, соединяемого с вращающейся частью машины, не должна оказывать существенного влияния на значение измеряемого напряжения. Существуют различные способы изготовления такого щупа, например:

а) небольшая металлографитная щетка, скользящая по вращающейся части машины, но не по дорожкам испытуемых щеток;

б) "щетка", изготовленная из тонкой медной проволоки (гибкая щетка), расположенная аналогично металлографитной щетке.

При этом контактный щуп не должен нарушать работу щетки. Его прикрепляют стационарно к щетке или щеткодержателю так, чтобы контакт осуществлялся с боковой поверхностью щетки.

Результаты экспериментальных исследований позволяют приступить к разработке вариантов потенциометрического устройства для измерения падения напряжения в щеточно-контактном узле в среде жидкого азота на основе применения контактных щупов.

Авиационные электромашинные преобразователи постоянного тока в переменный

Каримов А.Р., Килиманов К.А., Юнусов Н.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Федоров Е.Ю.
КНИТУ-КАИ, каф. ЭО
artur.karim@yandex.ru

Электромашинные преобразователи являются неотъемлемой частью авиационного оборудования. Как и большинство устройств авиации, работа их производится на стандартной частоте 400 Гц. Не редко применяется частота 500 Гц и 2000 Гц. Питание таких преобразователей с использованием 3-фазного и 1-фазного тока.

Различают следующие типы преобразователей: ПО (преобразователь однофазный), ПТ (преобразователь трехфазный), ПТО (преобразователь трехфазно-однофазный).

В данных типах преобразователей генератор переменного тока и двигатель постоянного тока расположены в едином корпусе и имеют один совмещенный вал. В следствие этого они получили название двигатель-генераторные устройства. Магнитная и электрическая цепь двигателя и генератора выполнены независимым образом.

Бортовая сеть постоянного тока летательного аппарата является возбуждением для генератора. Для маломощных устройств возбуждение проводится постоянными магнитами. Двигатель имеет компаундное, либо параллельное возбуждение.

Преобразователи обычно выполняют защищенным образом. Регулятор и управляющее устройство совмещены в защищенные конструкции. Эти конструкции устанавливаются рядом с летательным аппаратом (ЛА). Охлаждающим устройством является вентилятор. Но чаще всего используется забортный воздух.

Недостатки данных преобразователей в том, что они имеют невысокий КПД (около 0,55); имеются щеточно-кольцевые и щеточно-коллекторные узлы; маленькая удельная мощность (0,1 кВА/кг) по сравнению генераторами постоянного тока (0,25 - 0,5 кВА/кг); малый срок службы (250-500 ч).

В основном преобразователи выпускают мощностью от 70 ВА до 6000 ВА. Особенностью преобразователей мощностью ниже 200 ВА является то, что в их составе отсутствуют стабилизаторы напряжения.

Инвертирование постоянного тока в 1-фазный переменный ток осуществляют преобразователи серии ПО. Причем величина первичного напряжения составляет 27 В, а вторичного 115 В с частотой 400 Гц. Радиолокационное оборудование (РЛО) и радиосвязное оборудование (РСО) летательного аппарата является распространенной нагрузкой для этого типа преобразователей. Мощность преобразователей серии ПО варьируется от 250 ВА до 6000 ВА. 3-фазные электромашинные преобразователи серии ПТ выпускаются с более низкой мощностью, а именно от 70 ВА до 6000 ВА. Их вторичное линейное напряжение также меньше в отличие от преобразователей серии ПО и составляет 37 В. Например, серия ПТ-6000 использует в качестве первичного питания линейное напряжение 208 В и возбуждаются от электромагнитов. Трехфазные преобразователи типа ПТ-70-1000 имеют возбуждение от постоянных магнитов.

Все преобразователи имеют нестабильную частоту на выходе. Погрешность неравномерности составляет ±5%. Поэтому в состав преобразователей включают устройства, которые компенсируют данный недостаток (авиационные преобразователи частоты). Центробежные регуляторы являются основными системами для стабилизации частоты в маломощных преобразователях. В более мощных преобразователях (от 500 ВА) в состав системы включаются и устройства стабилизации напряжения.

Комбинированные преобразователи серии ПТО применяют для снижения массы и увеличения КПД. Отличаются от выше перечисленных они тем, что в составе конструкции имеют два генератора. (ПТО 1000/1500 – однофазное 115В±2%, мощностью 1500В*А и трехфазная 37±1,5В, мощностью 1000В*А.)

Конструктивные особенности авиационных генераторов

Килиманов К.А., Каримов А.Р., Юнусов Н.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Фёдоров Е.Ю.
КНИТУ-КАИ, каф. ИАЭП
kostik.kilimanov@mail.ru

Для выработки электрической энергии на борту летательных аппаратов применяются генераторы различных видов. По принципу действия они не отличаются от наземных. Однако в виду особых условий эксплуатации к ним предъявляются более жесткие требования. К ним относятся надежность и безотказность в работе, малые габариты и масса, механическая прочность, электрическая и химическая стойкость, удобство и безопасность в обслуживании, взрыво- и пожаробезопасность, стабильность работы при изменении параметров окружающей среды (давления, температуры,

влажности), независимость работы от положения в пространстве, отсутствия влияния на работу радиооборудования.

Также они имеют ряд характеристик, которые являются наиболее важными при эксплуатации генераторов на летательных аппаратах. К ним относятся удельная полётная мощность и полётная масса.

Авиационные генераторы имеют большую удельную мощность. Например, генератор ГСР-18000 имеет такую же массу, как и промышленный генератор мощностью 2500 Вт. Это достигается путём использования большой частоты вращения от приводного двигателя; применяются высококачественные электромагнитные материалы; генераторы оснащаются эффективными установками для охлаждения, поскольку в обмотках генераторов протекает ток повышенной плотности, что приводит к значительным перегревам конструкций, вплоть до 185 градусов.

Охлаждение может осуществляться встроенным вентилятором, который закрепляется на одном валу с ротором, или за счёт встречного потока воздуха. Однако при больших скоростях температура такого потока может достигать 80 градусов. В таких случаях применяют жидкостное охлаждение или специальные турбохолодильные установки, охлаждающие воздух путём адиабатического расширения.

Одним из способов уменьшения размеров это увеличение линейных нагрузок AS до 200-400 А/см, что примерно в два раза больше, чем в машинах, применяемых в промышленности. Высокая нагрузка и плотность тока, доходящей до 20-25 А/мм^2, приводят к повышенным тепловым потерям.

Кроме того, при большом значении AS реактивное напряжение велико, что ухудшает коммутацию.

Для улучшения коммутации в генераторах применяются дополнительные полюса, уравнительные соединения (при петлевой обмотке), компенсационные обмотки, повышенные требования к щеточно-коллекторному узлу.

Поскольку летательные аппараты подвергаются дополнительным перегрузкам, а также имеется повышенный уровень вибраций (особенно на самолётах), то в генераторах применяют специальные сорта щёток, способных функционировать на больших высотах при высоких температурах. Например, щётки ВТ с присадками дисульфата молибдена работают до высот 25 км и температуры 250 градусов. Для уменьшения восприимчивости к вибрациям удельные нажатия на щётки увеличивают до 5 раз в сравнении с обычными генераторами, а также применяются щёткодержатели специальных конструкций.

Вследствие большого диапазона частот вращения и повышенных крутильных динамических нагрузок на валу применяются особые гибкие валы и специальные муфты.

Из-за таких тяжёлых режимов работы и условий авиационные генераторы имеют малый срок службы, не превышающий десятков тысяч часов.

Пути уменьшения массы инвертора бортовых систем и комплексов

Кириллов К.С., Шубко Е.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Аверин С.В.
МАИ, каф. 306
kirillstudent21@mail.ru, qaz0000@mail.ru

Со времен создания первых летательных аппаратов и по настоящее время снижение массы остается актуальной задачей конструкторов. Традиционно пути решения включают: выбор оптимальных конструктивно-силовых схем агрегатов и применения более совершенных методов расчета конструкции на прочность; применение новых, более прочных материалов или материалов с большей выносливостью – сопротивляемостью усталостным повреждениям; использование более легкого и совершенного оборудования, а также минимизацией массы электрооборудования летательного аппарата.

Бортовое оборудование составляет около 10% массы пустого самолета. Уменьшение массы летательного аппарата при проектировании или изготовлении даже на 1 кг дает значительную экономию топлива при эксплуатации самолетов.

Инвертор – одно из основных устройств питания электрооборудования заданного качества, а также одно из наиболее критичных с точки зрения массы и габаритов систем электроснабжения летательных аппаратов. Основным требованием к инверторам, для авиационных систем и комплексов, является минимизация масса устройства без потери функциональности. В работе проведен анализ массы инвертора, в результате которого была построена диаграмма, показывающая соотношение масс составных частей устройства. По результатам анализа были выявлены основные элементы, влияющие на массу инвертора. К таким устройствам в первую очередь относятся: фильтр и элемент охлаждения.

С целью снижения массы и габаритов проведён анализ научно-технической литературы, который показал многообразие существующих методик расчёта параметров выходного фильтра. К наиболее распространенным методикам относятся: обеспечение максимума коэффициента гармоник; обеспечение минимума относительной суммарной мощности элементов фильтра; обеспечение минимальной массы фильтра.

Основным отличием, при выборе параметров выходного фильтра, являются различные способы разбиения произведения L и C.

В работе проведено сравнении методик и выявлено, что наиболее эффективным способом L и C фильтра при расчете является методика, обеспечивающая минимум относительной суммарной мощности элементов фильтра.

Исследование потерь в ВТСП ленте на переменном токе

Кондрашов Д.А.
Научный руководитель –к.т.н. Иванов Н.С.
МАИ, каф. 310
d_kondrashov@inbox.ru

Развитие современных технологий и приборов влечет за собой изменения во все сферы жизнедеятельности человека. Однако для достижения этих целей зачастую возникают проблемы энергоемкости и энергоэффективности, в связи с чем создаются различные устройства на основе альтернативных (возобновляемых) источников энергии. Для повышения энергетических параметров используемых установок одним из перспективных вариантов является использование криогенных и сверхпроводниковых технологий.

В настоящее время в различных странах мира ведутся разработки сверхпроводниковых устройств для ветроэнергетики, систем электродвижения, высокоскоростного транспорта и др. Все большее значение приобретают высоко эффективные электрические машины, основным конструктивным элементом которых является обмотка. Для большей эффективности данную обмотку возможно выполнять из сверхпроводниковых лент. Однако такая лента весьма хрупка и является относительно новым материалом, что требует исследований по организации процессов ремонта, соединения и расчета параметров и потерь как самой ленты, так и элементов конструкции электрической машины, выполненных на ее основе.

В данной работе рассматривается процесс определения критических параметров ВТСП ленты 2-ого поколения на переменном токе. Предварительные испытания позволили установить и отладить процесс ремонта и соединения ленты. При этом были установлены параметры и потери в ленте на постоянном токе. В работе приведены результаты испытаний коротких линейных образцов ВТСП ленты на переменном токе. Также проведено исследование рейстрековой обмотки на переменном токе в среде жидкого азота. В результате данных опытов установлено, что потери в ленте незначительно зависят от частоты. Однако, с ее ростом наблюдается рост напряжения на измеряемом участке, что может свидетельствовать об увеличении индуктивного сопротивления, пропорционального частоте питающего напряжения.

Полученные результаты свидетельствуют о рациональности использования ВТСП рейстрековых катушек в качестве обмоток статора электрической машины.

Продолжением и развитием работы будет являться исследование рейстрековой обмотки в магнитной системе электрической машины.

Модернизация наземных и авиационных ГТД с использованием высокочастотных электроприводных агрегатов

Кузнецов П.А.
Научный руководитель –д.т.н. Юдин А.В.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. ЭПЭ
kuznetsovpavel@inbox.ru

В настоящее время газотурбинные двигатели широко используются во многих отраслях промышленности: авиация, морской транспорт, энергетические установки, газоперекачивающие агрегаты и т.д. В связи с ростом спроса на газотурбинные установки и развитием технологий, возникает необходимость модернизации существующих и применения современных технических решений, которые отвечают новым стандартам и повышают эффективность, при проектировании новых двигателей.

Одним из таких подходов является «электрификация» ГТД. В данной работе изучается и моделируется возможность использования высокочастотных электродвигателей для привода различных агрегатов масляной и топливной систем. Как известно, любой ГТД имеет в своем составе несколько насосов: для подачи топлива, подачи масла, откачки масла. Помимо этого, в наличии может быть генератор, суфлер, электродвигатель, служащий для раскрутки ротора на старте. Все данные агрегаты монтируются на коробки приводов, которые через центральный привод соединяются с ротором ГТД. В режиме запуска мощность от электростартера через систему валов, рессор и шестерен передается к двигателю, а на рабочем режиме осуществляется перекладка мощности от ротора ГТД к агрегатам.

Данная схема не решена ряда недостатков. Шестерни подвергаются износу, часто происходят обрывы рессор, а. самое главное, практически отсутствует возможность регулирования скорости и, как следствие, производительности агрегатов. Регулировка дозирования топлива и скорости вращения суфлеров осуществляется с помощью дроссельных заслонок. Это существенно снижает КПД агрегата и создает дополнительные возмущения в течении жидкости. Производительность масляных насосов и насосов откачки, обычно, не регулируется вообще т.е. они проектируются на максимальную производительность с запасом.

Для повышения эффективности работы ГТД предлагается использовать электроприводные агрегаты с частотным управлением. Помимо этого, в целях снижения массы двигателя и для повышения диапазонов регулирования планируется использовать электродвигатели, рассчитанные на диапазон частот 400…1200 Гц с возможностью управления от одного частотного преобразователя. Результаты моделирования в системе Matlab/Simulink показывают, что динамические характеристики таких электродвигателей выше, чем их серийных аналогов на 50/60 Гц. Помимо этого, смешение базовой частоты в сторону больших значений позволит регулировать привод без потерь крутящего момента, что имеет огромную значение для производительности насосов. Экономия по массе при использовании таких агрегатов может достигать 50-70%.

Предлагается использовать две схемы модернизации двигателей. В первом случае все агрегаты, кроме привода электростартера и генератора заменяются на электроприводные аналоги. Генератор и стартер имеют непосредственную связь с центральным коническим приводом. Во втором варианте генератор конструктивно размещается в компрессоре низкого давления, где ротор ГТД является ротором генератора. Коробка агрегатов практически полностью редуцируется. Управление насосами осуществляется от частотного преобразователя, который может быть размещен на раме ГТД для минимизации помех.

Разработка и исследование магнитожидкостных наклономеров

Лагуткина Д.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н., Сайкин М.С.
ИГЭУ, каф. ТОЭЭ
Lagutkina_D@mail.ru , saikinms@mail.ru

Наклономер предназначен для контроля углового положения объекта относительно горизонтальной плоскости. Применение новых материалов, таких как магнитная жидкость (МЖ), позволило реализовать новые принципы конструирования наклономеров. Ключевыми свойствами МЖ являются текучесть и магнитоуправляемость, что позволяет значительно уменьшить коэффициент трения при контакте с твёрдым телом, обеспечивая при этом смачивание практически любых поверхностей.

По своему принципу действия магнитожидкостный наклономер (МЖН) относится к электромагнитным датчикам. Основным узлом МЖН является чувствительный к углу наклона элемент. Он состоит из сердечника и двух постоянных магнитов, расположенных внутри немагнитного корпуса. МЖ обеспечивает устойчивый подвес чувствительного элемента и гидродинамический режим трения в зазоре, что позволяет ему перемещаться вдоль корпуса с малым коэффициентом трения. С внешней стороны корпуса датчика, по центру расположена генераторная, а по краям две измерительные обмотки, которые соединены по схеме дифференциального трансформатора.

Цель работы состояла в разработке новых конструкций МЖН, обладающих повышенным быстродействием и точностью за счёт снижения массы чувствительного элемента и полного исключения внутри корпуса наклономера перепада давлений, возникающего с обеих сторон чувствительного элемента.

При проведении теоретических исследований использовалось численное моделирование параметров магнитного поля в интегрированной среде ELCUT и FEMM. В результате моделирования была получена картина распределения магнитной индукции в расчётной области наклономера, на основании которой находилась величина силы подвеса чувствительного элемента. Экспериментальные исследования проводились на физической модели МЖН и экспериментальных стендах, при этом исследовалось взаимодействие между центрирующими постоянными магнитами и магнитами чувствительного элемента, а также влияние градиентных магнитных полей на изменение свойств МЖ и величину силы подвеса чувствительного элемента.

Результатом проведённой работы является разработка 7 новых конструкций МЖН, новизна которых подтверждена охранными документами. Выбор конкретной конструкции магнитожидкостного наклономера определяется исходя из условий эксплуатации объекта и технических требований.

Разработанные магнитожидкостные наклономеры имеют следующие эксплуатационные характеристики:

- Диапазон измеряемых углов $\pm 20^0$
- Точность, мин. угл. минут ±5
- Диапазон рабочих температур, ^{0}C ±50
- Сохраняет работоспособность после воздействия
- механических ударов с перегрузкой, м/с^2 1500
- Время успокоения после воздействия
- ударных нагрузок, с не более 0,2
- Масса, кг не более 0,2
- Гарантийный срок хранения и эксплуатации, лет до 10

Основными областями применения МЖН являются: контроль над угловыми отклонениями промышленных и гражданских объектов строительства, железнодорожного полотна, антенных опор, линий электропередач, стартовых столов ракет, а также в подъёмно-транспортной и авиационной технике.

Новый алгоритм векторной ШИМ и способ регулирования скорости асинхронного двигателя

Ле Дык Тиеп, Нгуен Ван Чонг
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Аверин С.В.
МАИ, каф. 306
letiep1@mail.ru

В работе рассмотрен алгоритм векторной широтно-импульсной модуляции с применением дополнительных векторов, что позволяет регулировать скорость вращения асинхронного двигателя и исключить сквозные токи в инверторе.

Методология построения векторной ШИМ базируется на векторном представлении совокупности выходных напряжений инвертора и ориентирована на микропроцессорную реализацию. При регулировании скорости вала, тока и момента асинхронного двигателя (АД) количество формируемых векторов в каждом секторе как правило велико. Для исследования влияния количества формируемых векторов на качество электропривода АД в режиме векторной ШИМ использовалась имитационная модель в пакете Matlab. Проведена проверка результатов на лабораторном макете трехфазного инвертора с микропроцессорным управлением.

Показано, что полученный алгоритм формирования с использованием дополнительных состояний позволил исключить сквозные токи в схеме инвертора, уменьшить колебания скорости и момента двигателя, повысить быстродействие электропривода. Предложенный алгоритм формирования векторной ШИМ, вследствие меньшего объёма вычислений целеобразен для двигателей с высокой частотой первой гармоники или двигателей с мягкими механическими характеристиками.

Проверка на физическом макете показала, что предлагаемый алгоритм не приводит к «биению» вала двигателя. При этом ток потребления в инверторе меньше относительно традиционного способа векторной ШИМ. С помощью предложенного алгоритма векторной ШИМ показано, что возможно не только исключить сквозные токи в инверторе, но и расширить диапазон управления асинхронным двигателем в области низких частот, что позволяет использовать данный алгоритм в авиационной технике, где частота первой гармоники напряжения питания значительно выше, чем в промышленных установках.

Комбинированная обмотка звезда-треугольник в синхронных генераторах с высококоэрцитивными постоянными магнитами

Минияров А.Х., Меднов А.А.
Научный руководитель – к.т.н Вавилов В.Е.
УГАТУ, каф. Электромеханики
miniar-a@ya.ru

На сегодняшний момент в современных самолетах генераторы являются основными источниками электрической энергии. Поэтому к авиационным генераторам предъявляются более жесткие требования, в части надежности и безотказности в работе, минимальных массогабаритных показателей и качества электроэнергии. Одним из способов повышения надежности и качества электроэнергии является применение комбинированной обмотки в синхронных генераторах с высококоэрцитивными постоянными магнитами (ВПМ).

Использование комбинированной обмотки в электромеханических преобразователях энергии известно с первой половины XIX в.. Первым упоминанием в публикациях является патент, написанный в 1918г. Основными преимуществами этого вида обмотки являются меньшие потери в меди обмотки статора и малый гармонический состав. Также при использовании комбинированной обмотки снижаются потери в роторе, благодаря чему ВПМ не будет перегреваться. К тому же комбинированная обмотка позволяет снизить пульсации напряжения на выводах генератора.

Также стоит отметить, что комбинированная обмотка разделена на две части: обмотки, соединенные по схеме звезда и треугольник. Чтобы гармонический состав был

малым необходимо чтобы в каждой из них наводилась одинаковая ЭДС, но токи в обмотке, соединенной в треугольник, меньше в 1,73 раза. Поэтому число витков в катушках, соединенных в треугольник, должно быть умножено на этот коэффициент. Но площадь сечения проводника может быть снижена на этот же коэффициент, в связи с этим может быть использована одинаковая геометрия паза статора. Единственным недостатком комбинированной обмотки является необходимость производства двух типов катушек. Если число витков очень мало, то не может быть точно выбрано соотношение числа витков между обмотками, соединенными в звезду и треугольник.

Авторами проведено сравнение дух шестифазных генераторов с волновой обмоткой и комбинированной в программном комплексе «ANSYS Electronics» и произведен тепловой расчет. После проведенных исследований было выявлено, что в комбинированной обмотке на 10% меньше потерь в меди и на 8 % меньше потерь в роторе по сравнению с обычным шестифазным генератором. На выходе ток и напряжение имеют правильную синусоидальную форму.

По результатам исследования видно, что при использовании комбинированных обмоток в синхронных генераторах с ВПМ повышается эффективность и надежность генератора, при сохранении массогабаритных показателей. Кроме того, имеются следующие преимущества по сравнению классическими обмотками, а именно, возможность использования таких же магнитопроводов, не требуется дополнительных объемов меди и материала сердечников, обмотки могут быть выполнены однослойными или двухслойными.

Работа выполнена в рамках 16-38-00005 Исследования электромагнитных и тепловых процессов, а также их взаимовлияния в термоинерционных электромеханических преобразователях энергии с высококоэрцитивными постоянными магнитами.

Комбинированная электроустановка на альтернативных источниках энергии

Петров А.А., Рыбушкин Н.А., Самигуллин Т.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н., Афанасьев А.Ю.
КНИТУ-КАИ каф. ЭО
kolya_sportfk@mail.ru

В последние годы в России наблюдается тенденция к увеличению исследований в области альтернативной энергетики. Этому способствовало постановления Правительства РФ от 28.05.2013 N 449 (ред. от 10.11.2015) "О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности". Предлагаю свой вариант комбинированной электроустановки на альтернативных источниках.

Первоначально, происходит забор морской воды в башню, с которой находится резервуар, поглощающий тепловое излучение и система насосов, которая передаёт на турбогенераторы вырабатываемый пар. Вокруг башни расположены зеркала (гелиостаты) на подвижной опоре, которые компьютерной системой ориентируются по направлению солнечных лучей. Эта одна из самых популярных конструкций солнечных электростанций, которая так и называется СЭС башенного типа. Она позволяет нагревать воду в резервуаре до 500 градусов, что соизмеримо с тепловыми электростанциями. При этом вода отделяется от соли и механических примесей, превращаясь в пар. Горячий пар подается на турбину, разгоняет её, вырабатывая тем самым электроэнергию.

Далее пар проходит систему непосредственного воздушного (конденсаторного) охлаждения. При помощи осевых вентиляторов поток охлаждающего воздуха охлаждает наружную поверхность конденсатора, отработанный пар конденсируется в воду и под действием силы тяжести собирается в конденсатосборнике. Образуется пресная вода.

Теперь из воды необходимо удалить бактерии и вирусы, все вредные вещества (нитраты, нитриты, мышьяк, цианиды, асбест, фтор, хлор и т. п.). Для этого используется обратноосмотический фильтр, который позволяет получить практически дистиллированную воду.

Очищенную дистиллированную воду, а также морскую воду, подаём в, так называемую, соляную электроустановку, в которой, происходит выработка электроэнергии на основе явления обратного электродиализа. Через два типа ионоселективных мембран происходит контакт пресной и соленой воды, приводящий к распределению в секциях ионов соли и их движения к соответствующим электродам. В результате возникает разность потенциалов на мембранах. Вблизи электродов, благодаря окислительно-восстановительным реакциям, происходит трансформация ионного тока в обычный электрический ток. [1].

Преимущества комбинированной электроустановки: широкая география использования; решение проблемы нехватки пресной воды в регионах с большим количеством солнечных лучей и, как правило, практически отсутствием пресных водоёмов; использование сырья после отработки в установке: соль – изготовление лекарственных препаратов, вода – для бытовых нужд.

Таким образом, для реализации комбинированной электроустановки необходимо определить период самоокупаемости, создать модель установки на компьютере, а, в перспективе, реальную установку для дальнейшего исследования.

Магнитные усилители в авиационных системах регулирования напряжения

Смирнов П.В., Черных Д.А., Петрухин О.М.
Научный руководитель – доцент, к. ф.-м. н. Гумерова Р.Х.
КНИТУ-КАИ, каф. ЭО
Pavlik_smi@mail.ru

В летательных аппаратах имеется множество систем. Они направленны на эффективное использование потенциала судна, но эти системы не имеют никакого значения без энергопитания. В данной статье рассматривается электрическая система и, следовательно, речь пойдет об электрическом питании.

Источниками электроэнергии в летательных аппаратах выступают аккумуляторные батареи и генераторы. Если большинство аккумуляторных батарей в установившемся режиме имеют возможность выдерживать требуемый уровень выдаваемого напряжения, то генераторы в этом плане уступают. Также в системах электроснабжения летательных аппаратов к точности стабилизации напряжения предъявляются специальные требования. Вышеперечисленные причины приводят к использованию дополнительного оборудования и методов для стабилизации напряжения у приемников.

Для поддержания напряжения от генератора в заданных пределах при изменении частоты вращения и тока нагрузки необходимо регулировать магнитный поток. Это утверждение справедливо для генераторов как постоянного, так и переменного токов. В свою очередь магнитный поток, следовательно, и напряжение генератора регулируются током возбуждения за счет изменения сопротивления в цепи ее обмотки.

Авиационные регуляторы напряжения строятся по похожему принципу, который с точки зрения автоматики предусматривает объект управления, регулируемый параметр, возмущения, сигнал рассогласования, измерительный орган с чувствительным элементом, усилитель сигнала рассогласования, исполнительный элемент и корректирующие устройства. Системы регулирования напряжения могут быть построены на основе отклонения не только по напряжению, именуемый регулированием по параметру, но и по току нагрузки, именуемый регулированием по нагрузке или по возмущению. Совместное применение обоих принципов составляет комбинированный метод.

Как писалось ранее, основным способом регулирования напряжения является изменение сопротивления в цепи обмотки возбуждения. Этот способ предусматривает использование следующих схем: с импульсным и плавным изменением сопротивления. В первом случае в цепь обмотки возбуждения включается добавочный резистор, который шунтируется контактами. Плавное изменение сопротивления обуславливается использованием угольных реостатов, магнитных усилителей и транзисторов.

Магнитный усилитель представляет собой управляемый дроссель насыщения, т. е. катушку переменного тока со стальным сердечником. Индуктивное сопротивление

катушки меняется при изменении магнитного насыщения сердечника. Усилитель питается от источника переменного тока. Обмотка переменного тока через выпрямитель включается в цепь обмотки возбуждения генератора.

Магнитный усилитель можно рассматривать как усилитель мощности. Схема усилителя на одном сердечнике отстает по характеристикам от схемы с двумя сердечниками, поэтому широкое применение получила именно вторая.

Достоинствами этого устройства являются стабильность характеристик, высокая надежность в эксплуатации и сравнительно большой срок службы, отсутствие подвижных контактов, низкий уровень собственных шумов, большой коэффициент усиления по мощности и другие. Основными недостатками являются инерционность и значительный вес, приходящийся на единицу мощности.

Статический аэродромный источник питания

Черных Д.А., Петрухин О.М., Смирнов П.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Цой А.А.
КНИТУ-КАИ
dimon9077@gmail.com

Аэродромные источники электропитания предназначены для подготовки к полетам и наземного технического обслуживания самолетов и вертолетов. Одна из основных задач обеспечения электропитанием летательных аппаратов при подготовке к полетам и наземном техническом обслуживании связана с преобразованием трехфазного напряжения 380 В, 50 Гц в напряжение переменного тока 208/120 В повышенной частоты 400 Гц и постоянного тока 28 В. Традиционно эта задача решалась использованием хорошо известных преобразователей вращающегося типа серий АТТ (трехфазный преобразователь переменного тока), АТО (преобразователь трехфазного переменного напряжения в однофазное переменное), АТП (преобразователь трехфазного переменного напряжения в постоянное), ЭМУ (электромашинные усилители), которые отличались простотой элементной базы и по сей день продолжают эксплуатироваться на различных объектах специального назначения. Однако, несовершенство вращающейся техники очевидно: небольшой межремонтный ресурс, высокая шумность, несовершенные массогабаритные характеристики, усложненная диагностика неисправного состояния, низкий КПД, низкий коэффициент мощности. Эти недостатки можно подчеркнуть и у авиационного электро-преобразовательного передвижного агрегата (АПЭА-100).

Решение вопросов разработки силового электронного преобразователя, имеющего выходные электрические параметры близкие по характеристикам к электромашинным источникам аэродромного питания, является основной задачей проводимых исследований. Объектом исследования является статический источник аэродромного питания, в том числе исследования структуры, возможностей технической реализации и выходные характеристики преобразователей, не использующих электрические машины.

Основными компонентами разрабатываемого источника аэродромного питания являются управляемый выпрямитель и автономный инвертор напряжения. В качестве элемента для построения блока вентилей в выпрямителе выбран биполярный транзистор с изолированным затвором, позволяющий осуществлять управление и обладающий необходимыми предельными и экономическими характеристиками. Автономный инвертор напряжения реализован также на биполярных транзисторах с изолированным затвором.

Статический источник аэродромного питания имеет следующие системы: систему постоянного тока с номинальным напряжением 28,5 В и номинальной мощностью, 2*15кВт; систему переменного трехфазного тока с номинальным напряжением 208 В частотой 400 Гц и номинальной мощностью 100кВт; систему переменного однофазного тока с номинальным напряжением 120 В частотой 400 Гц и номинальной мощностью не более 15кВт.

Отношение массы устройства к выходной мощности по отношению к электромашинным агрегатам меньше примерно в 3 раза. Также устройство обладает

высоким качеством электроэнергии, высокой стабильностью выходного напряжения и низким уровнем интенсивности воздушного шума и вибраций.

Особенности запуска маломощных высокочастотных электротурбомашин на лепестковых газодинамических подшипниках

Понамарева Л.Н., Румянцев М.Ю., Сизякин А.В.
МЭИ, каф. ЭКАОиЭТ
ponamareva@list.ru

В настоящее время для обеспечения электроэнергией различных объектов, начиная от промышленных предприятий и объектов коммунального хозяйства до транспортных средств, а также авиационных и космических систем, все чаще применяются автономные энергетические установки. Практика показывает, что наиболее востребованными автономными источниками электроэнергии являются высокочастотные электрические турбогенераторы (ЭТГ) небольшой мощности (1-250 кВт), выполненные на основе газотурбинных технологий.

Основными элементами таких установок являются тепловой (газовые турбина и, если это необходимо, компрессор) и электромеханический (генератор) преобразователи энергии. В подавляющем большинстве современных автономных энергоустановок применяются безредукторные схемы, т.е. ротор генератора располагается на общем валу с турбиной и оба преобразователя образуют единый агрегат – электротурбомашину (ЭТМ).

Электромеханический преобразователь (ЭМП) представляет собой синхронную машину с возбуждением от постоянного магнита (СМПМ) на лепестковых газодинамических подшипниках (ЛГП). Во многих установках существует проблема запуска, связанная с нехваткой давления, а также с наличием повышенного момента сухого трения на малых частотах вращения в ЛГП. Кроме того, характеристики момента трения ЛГП меняются в зависимости от этапа их приработки, что также сказывается на процессе запуска ЭТМ и должно быть учтено при проектировании ЭТМ и систем управления.

Одним из возможных способов запуска ЭТМ является разгон СМПМ в двигательном режиме с последующим ее переводом в генераторный режим. При этом такая машина обладает специфичными параметрами, так как проектируется для работы на режим генерации, но также используется в качестве электродвигателя. Например, на номинальной частоте вращения значение индуктивного сопротивления на порядок превышает значение активного сопротивления, что также обуславливает особенности процесса запуска машины. Во многих случаях также требуется регулирование частоты вращения ротора в процессе разгона и при изменении нагрузки. Для этого во всех известных алгоритмах управления СМПМ используется информация о положении ротора в каждый момент времени.

Применение датчиков положения ротора (ДПР) в маломощных ЭТМ увеличивает стоимость и размеры системы, снижает ее надежность, а в некоторых случаях сопряжена с невозможностью их физической установки в ограниченном объеме. В настоящее время просматривается тенденция к отказу от использования аппаратных ДПР и применению программных ДПР, в которых вычисление углового положения осуществляется по косвенным величинам – токам, протекающим в обмотках электродвигателя, напряжениям фаз, ЭДС, сопротивлениям обмотки.

Таким образом, при разработке ЭТМ для автономных энергоустановок должно быть учтено влияние особенностей работы всех элементов высокочастотной системы (ЭМП, ЛГП, преобразователя и др.).

Влияние спектра выходного напряжения силовой части инвертора на массогабаритные показатели

Репалов В.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Аверин С.В.
МАИ, каф. 306
vvrepalov95@yandex.ru

В инверторах – устройствах, преобразующих постоянное напряжение в переменное, как правило синусоидальное, активно используется широтно-импульсная модуляция – процесс преобразования непрерывного сигнала в последовательность прямоугольных импульсов постоянной амплитуды и частот, длительность которых зависит от уровня входного сигнала. ШИМ формирует многоимпульсное напряжение на выходе силовой части. От этого сигнала и его спектрального состава зависят массогабаритные показатели инвертора, в основном составляемые выходным силовым фильтром.

Инвертор содержит в себе силовой преобразовательный каскад, выходной силовой фильтр, широтно-импульсный модулятор и распределитель импульсов управления. Анализ массогабаритных характеристик инвертора показывает: масса и объём инвертора во многом определяется силовым фильтром нижних частот; его масса и габариты при заданной мощности определяются спектральным составом напряжения, поступающего на его вход. Наибольшее влияние на массу и габариты оказывают выходной силовой фильтр и радиаторы. С увеличением качества выходного напряжения увеличиваются значения индуктивности и ёмкости фильтра и, следовательно, масса фильтра. Однако при уменьшении индуктивности и ёмкости выходного силового фильтра возрастёт величина среднего тока и выделяемой мощности транзисторов силового преобразовательного каскада, что, в свою очередь, увеличит массу охлаждающих радиаторов.

В настоящее время существуют различные способы формирования напряжения с улучшенным спектральным составом. Под напряжением с улучшенным спектральным составом принято понимать напряжение, в котором исключены низкочастотыне спектральные составляющие. Для достижения оптимальной величины тока и массогабаритных показателей выходного силового фильтра следует знать спектр выходного напряжения силовой части инвертора. Существует несколько видов ШИМ, среди которых выделяют: кодовое широтно-импульсное регулирование – формирование напряжения, состоящего из импульсов одинаковой длительности и одинаковой амплитуды; широтно-импульсная модуляция ступенчатым напряжением, аппроксимирующим синусоидальное; широтно-импульсная модуляция по синусоидальному закону. Также ШИМ бывает одноуровневая и многоуровневая.

В данной работе рассмотрена двухуровневая ШИМ-СИН и влияние числа импульсов за период и угла сдвига пилообразного сигнала на спектральный состав выходного напряжения силовой части инвертора. В ходе исследования проведён спектральный анализ выходного напряжения на входе силового фильтра при разных соотношениях частоты коммутации к основной частоте. Показана область наиболее неблагоприятных соотношений частоты коммутации к основной частоте. Показана граница соотношения, где полностью исключаются низшие из высших гармоник. Показано предельное значения коэффициента соотношения частоты коммутации к основной частоте исходя из частотных свойств транзисторов силового преобразовательного каскада.

Электромеханические приводы для самолетов с повышенным уровнем электрификации

Саяхов И.Ф
Научный руководитель – д.т.н., профессор Исмагилов Ф.Р.
УГАТУ, каф. Электромеханики
isayakhov92@mail.ru

Значительный интерес к повышению степени электрификации самолетов связан с возможностью снижения стоимости жизненного цикла летательного аппарата, уменьшения полетной массы, а также улучшения топливной экономичности. При этом предлагается замена гидроприводов на автономные электроприводы, однако использование электромеханических преобразователей для управления основными рулевыми поверхностями сдерживается недостатками механических компонентов.

Силовые исполнительные механизмы поступательного движения с шарико-винтовыми передачами (ШВП) в настоящее время находят широкое применение в системах управления закрылками, предкрылками, переставными стабилизаторами самолётов.

Общая структурная схема электропривода поступательного действия в системе управления механизацией крыла содержит: 1) блок электропривода с бесколлекторным двигателем постоянного тока и элементами его управления; 2) механическую передачу (редуктор), преобразующая вращательное движение выходного звена привода.

Во время полета летательного аппарата под влиянием воздушных потоков управляемые аэродинамические поверхности испытывают воздействие переменных нагрузок. Под действием данных нагрузок в электромеханическом приводе, при условии жесткой фиксации выходного звена в мертвых точках, возникают большие механические напряжения, которые ведут к ускоренному износу механических компонентов привода.

Поэтому устранение недостатков и улучшение энергетических и эксплуатационных характеристик электропривода, необходимо рассматривать в двух режимах: 1) активном, при котором ходовая часть выполняет работу по перемещению аэродинамической поверхности; 2) пассивном, при котором ходовая часть находится в определенном заданном положении и подвергается значительным механическим нагрузкам, обусловленным аэродинамическими силами.

Для оценки величин аэродинамических сил в пассивном режиме работы, необходимо провести расчет нагрузок, действующих на аэродинамические поверхности летательного аппарата.

На основании произведенных расчетов аэродинамических сил рассматриваются конструкции, обеспечивающие решение поставленных задач.

Предлагается конструкция, обеспечивающая повышение ресурса и эксплуатационной надежности электропривода в пассивном режиме работы, за счет возможности демпфирования вибраций и колебаний возникающих от аэродинамических сил с помощью электромеханических демпферов.

Однако для демпфирования больших механических нагрузок необходимо увеличение массогабаритных показателей электромеханических демпферов. Для решения этой проблемы имеется конструкция электропривода в которой предлагается применение гибкого соединения между ШВП и остальными компонентами привода в виде упругой компенсирующей муфты взамен электромеханическим демпферам.

В пассивном режиме работы электропривода, котором энергия, создающая поступательное движение или вибрации на гайке ШВП, передается во вращательное движение винта ШВП и демпфируется в упругой муфте.

Таким образом, снижение механических нагрузок на ШВП, обусловленных аэродинамическими силами позволяет повысить ресурс в пассивном режиме работы электропривода.

Выбор параметров вторичного электропитания при допусковом контроле

Симонова Е.Б.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Аверин С.В.
МАИ, каф. 306
bellsa@list.ru

Основной задачей при проектировании силовых электронных регуляторов является обеспечение требуемой надежности в условиях жестких ограничений по массе и номенклатуре компонентов. Помимо прямых методов таких, как применение ключевых способов преобразования электроэнергии, выбор повышенной частоты переключения силовых приборов для уменьшения массы и габаритов силовых реактивных элементов, использование в качестве силовых ключей преимущественно МДП-транзисторов, применение в сглаживающих фильтрах электролитических конденсаторов с большими допустимыми переменными токами, крайне важным для обеспечения требуемой надежности, является необходимость осуществления контроля параметров силового электронного регулятора во время функционирования. Поэтому современные силовые электронные регуляторы в своем составе включают устройства встроенного контроля. В работе рассмотрено устройство встроенного контроля, представляющее собой аналого-цифровую схему, содержащую цифровую часть на микроконтроллере и аналоговую часть на компараторах, для регулируемого выпрямительного устройства, предназначенного для преобразования переменного трёхфазного напряжения переменной частоты в стабилизированное постоянное напряжение.

Наиболее критичными для надежного функционирования регулируемого выпрямительного устройства являются следующие параметры: повышение выходного напряжения выше максимально допустимого, понижение выходного напряжения ниже минимально допустимого, уровень выходного тока, ток короткого замыкания в цепи нагрузки, обрыв одной из фаз генератора, отсутствие на фидере нагрузки потребления токов при выдержке требуемых временных интервалов. Поэтому при любом аварийном сигнале таймер микроконтроллера начинает отсчет временного интервала. При поступлении сигнала о повышении напряжения временная задержка должна составлять примерно 1с., а при всех остальных ситуациях – 10с. Индикация аварии и отключение преобразователя происходят в случае, если за время задержки времени сигнал не исчезнет. Контроль приведенных выше параметров осуществляется с помощью допускового контроля – процедура, результатом которой является логическое суждение о принадлежности (не принадлежности) контролируемой величины заранее определенной области значений, заданной границами допуска.

В работе уделено особое внимание анализу различных причин, имеющих одинаковое следствие, например сигнал о понижении выходного напряжения может свидетельствовать как о понижении напряжения вследствие аварии внутри устройства, так и о коротком замыкании в цепи нагрузки, показаны варианты соответствующего выбора сигнала о состоянии регулируемого выпрямительного устройства.

А также в работе приведены структура и алгоритмы работы устройства встроенного контроля для регулируемого выпрямительного устройства в различных режимах проверки регулируемого выпрямительного устройства.

Экспериментальная установка для измерения силы левитации объемных ВТСП элементов и массивов ВТСП лент второго поколения в магнитном поле

Соболев О.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ильясов Р.И.
МАИ, каф. 310,306
happiesmen@mail.ru

В последние годы в России наблюдается значительное увеличение количества работ по сверхпроводниковым устройствам. Сверхпроводниковые устройства обладают высокими КПД и удельными массогабаритными характеристиками, что делает их особо

перспективными для внедрения в авиационные и наземные системы высокоскоростного транспорта.

Одним из перспективных направлений практического использования явления высокотемпературной сверхпроводимости, является её применение в системах магнитной левитации.

Основным параметром ВТСП элемента является его токонесущие свойства. Традиционные способы непосредственного измерения тока подходят только для ВТСП элементов в виде проводов и тонких лент. Косвенный способ измерения токонесущих свойств по измерению индукции захваченного магнитного поля, требует наличия мощного электромагнита. Таким образом, создание установки оперативного определения токонесущих свойств и качества объёмных ВТСП элементов и массивов ВТСП лент, является актуальной.

Разработана, спроектирована, и изготовлена установка для автоматизированного вычисления токонесущей способности исследуемого ВТСП элемента по результатам измерения силы его отталкивания от приближаемого постоянного магнита.

Достоинства используемого метода: размеры объёмных ВТСП элементов ограничивается только размерами криостата, надежностью конструкции, чувствительностью детектирующих датчиков, мощностью привода ; не требуются источники тока для питания ВТСП элементов.

При разработке были произведены численные расчеты распределения магнитных полей в активной зоне магнитного ВТСП подвеса и его левитационных характеристик с помощью интегрированного пакета прикладных диалоговых программ «ELCUT» позволяющих решать широкий комплекс нелинейных задач математической физики, в том числе и из области электростатики и магнитостатики. Основываясь на полученных результатах расчета магнитных полей, была выбрана аппаратная база установки.

Автоматизация в наше время позволяет сократить трудозатраты на выполнения поставленной задачи. В разрабатываемую установку были внесены элементы автоматизации, что позволило существенно облегчить ее использование.

Для разработанной установки был спроектирован и произведен расчёт криостата, который позволяет минимизировать расходы на охлаждения ВТСП элементов. Была применена многослойная конструкция, позволяющая снизить влияние внешней среды на внутренний объём криостата, что позволяет сократить расход хладагента. Для вычисления расхода хладагента использовался интегрированный пакет прикладных диалоговых программ «ELCUT» в котором были произведены тепловые расчеты.

Спроектированная установка позволяет измерить одну из важнейших характеристик объемного ВТСП с наименьшими затратами.

На данный момент установка изготовлена и находится в стадии отладки.

Исследование потерь в RB-IGBT транзисторах и IGBT транзисторах

Сорокин Д.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Вольский С.И.
МАИ, каф. 310
DmitrSorokin@gmail.com

В настоящее время существует множество электротехнических устройств с применением двунаправленных электронных ключей. К таким устройствам относятся многоуровневые инверторы напряжения, матричные преобразователи частоты и преобразователи числа фазы. В этих устройствах широко применяются двунаправленные электронные ключи (далее по тексту – ДЭК). IGBT транзисторы имеют ограничение по обратному напряжению, поэтому их непосредственное применение в ДЭК невозможно.

Однако есть различные схемотехнические решения для создания ДЭК на основе IGBT транзисторов, такие как включение IGBT-транзистора в диагональ диодного моста, встречно-последовательное соединение IGBT транзисторов с параллельными обратными диодами и встречно-параллельное соединение IGBT транзисторов с последовательно включенными диодами.

Достоинство первого решения это применение только одного IGBT транзистора, а недостаток – протекание силового тока через IGBT транзистор и два диода. Достоинство второго и третьего решения это протекание силового тока через меньшее количество элементов – один IGBT транзистор и один диод, а недостаток – использование двух IGBT транзисторов.

В последнее время фирмой Fuji Electric создан особый тип IGBT транзисторов с обратной запирающей способностью, называемые RB-IGBT (Reverse Blocking IGBT). Их использование позволяет составить ДЭК из встречно-параллельного соединения двух транзисторов, исключая при этом диоды. Это позволяет снизить тепловые потери устройства за счет меньшего количества p-n переходов на пути протекания силового тока.

С целью сравнения применения двунаправленных электронных ключей разработаны три модели трёхуровневого мостового инвертора напряжения. Такой инвертор получает питание от источника постоянного напряжения со средней точкой. Двунаправленный ключ в таком инверторе подключается к средней точке источника напряжения и к нагрузке.

В первой модели в качестве двунаправленного ключа применена модель IGBT транзистора, включенная в диагональ диодного моста. Во второй модели применен ДЭК на основе двух встречно-последовательных IGBT транзисторов с параллельными обратными диодами.

В третьей модели в качестве двунаправленного ключа применены два встречно-параллельных RB-IGBT транзистора.

В компьютерных моделях в качестве IGBT применена модель транзистора SKM75GAL063D фирмы Semikron. В качестве RB-IGBT применена модель транзистора FGW85N60RB фирмы Fuji Electric.

Результаты компьютерного моделирования показали снижение потерь в трёхуровневом инверторе напряжения с применением в качестве двунаправленного ключа RB-IGBT транзистор по сравнению с двунаправленным ключом на основе IGBT транзистора на 10%.

Возможности использования электроприводов в летательных аппаратах с полностью электрифицированным оборудованием

Уманский А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Аверин С.В.
МАИ, каф. 306
sanya_sake@mail.ru

Одним из перспективных направлений развития авиационной техники, является - самолёт с полностью электрифицированным оборудованием (СПЭО). Реализация летательного аппарата с полностью электрифицированным оборудованием возможна при обеспечении его наилучшими характеристиками. Важную роль играют такие аспекты, как: снижение массы летательного аппарата путём комплексной миниатюризации, снижение затрат при обслуживании, увеличение надежности механизмов и энергетических систем, возможность использовать все функциональные узлы с максимальной полезной мощностью, и минимальным количеством потерь.

На данный момент в самолётах используется три вторичные энергетические системы: гидравлическая, пневматическая и система электроснабжения. Такое строение энергоснабжения для перспективных летательных аппаратов не оптимально. Оно требует существенных затрат на его эксплуатацию и вызывает трудности по сборке и установке бортового оборудования, в отличии от единой централизованной системы электроснабжения, используемой на СПЭО.

Привод – это устройство, необходимое для обеспечения заданного движения исполнительного механизма. В зависимости от энергии, необходимой для функционирования, выделяют следующие типы приводов: механический, пневматический, гидравлический, электрический, а также комбинированный

(электромеханический, гидромеханический и др.). Привод – наиболее энергозатратный узел, поэтому его замена на электрический в СПЭО наиболее критичен.

Привод руля высоты, традиционно использовавший гидравлическую систему, относится к одной из самых важных систем летательного аппарата (к системе управления аэродинамическими поверхностями и взлётно-посадочными устройствами.). Гидравлические привода, несмотря на ряд преимуществ имеют существенные недостатки связанные, как с эксплуатацией, так и с воздействием на окружающую среду.

В данной работе рассмотрена возможность применения электроприводов для рулей высоты различных летательных аппаратов. Получены результаты расчетов для ЛА различного типа и проведен анализ, из чего следует, что на современном этапе развития авиационной техники электропривод руля высоты для сверхзвуковых и высокоманёвренных самолётов существенно уступает другим типам приводов по массогабаритным соображениям. Однако для среднемагистральных возможно обеспечить требуемые усилия электроприводом при сопоставлении массогабаритных показателей.

Анализ имеющихся технологий формирования напряжения на обмотках асинхронного электродвигателя

Урин А.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Следков Ю.Г.
МАИ, каф. 306
art.igor.ur@gmail.com

Устойчивая тенденция к улучшению качества и объемов продукции за счет модернизации производственных процессов обусловлено разработками в отрасли средств автоматизации авиационных систем и комплексов. Одним из главных достижений в данной отрасли можно назвать внедрение в разнообразные отрасли промышленного и авиационного производства авторегулируемых электроприводов.

В текущий момент все еще большая часть авторегулируемых электроприводов, используемых в производстве, изготавливается на базе электродвигателей постоянного тока, благодаря которым осуществляется качественное регулирование электромагнитного момента угловой скорости. Однако, их массовый выпуск прекращен. Наиболее многообещающем прогнозным вариантом ему является регулируемый электропривод переменного тока, создаваемый на базе асинхронного короткозамкнутого электродвигателя.

Область востребованности регулируемого асинхронного электропривода стала расширятся в следствии последних инноваций в области системного синтеза электрических машин, теории автоматического управления многосвязными нелинейными объектами, развитию МП - техники и микроэлектроники. С возникновением силовых полупроводниковых элементов, в частности интеллектуальных быстродействующих транзисторных ключей (IGBT-модулей) и трехфазных транзисторных преобразователей на их основе, являющиеся общедоступными и обладающие высокими энергетическими и эксплуатационными характеристиками, стало возможным управление не только амплитудо – частотных характеристик переменного напряжения, но и частот напряжения, подводимого к статору асинхронного электродвигателя.

Благодаря этому наметился тренд в области создания разнообразных топологий преобразования характеристик и разработки многовариантных системотехнических решений для частотных преобразователей электроприводов переменного тока. В текущий момент решению задач разработки конструктивных вариантов преобразователей посвящено огромное количество трудов и публикаций зарубежных и отечественных авторов.

Многообещающим методом управления силовыми ключами частотных преобразователей является широтно – импульсная модуляция с релейно-гистерезисными регуляторами тока. В системах, где применяется данный способ, сравниваются измеренное и заданное значения тока, если дельта - характеристика сигналов имеет значение выше заданного гистерезиса, то формируется реализация импульсного закона

управления ключами инвертора. Следовательно, частотные преобразователи с АИН, регулирование которого осуществляется посредством широтно – импульсной модуляцией с РГ - регуляторами тока, являются источником тока. Гармонический состав выходного напряжения зависит от погрешности регулятора тока: при уменьшении гистерезиса синусоидальность выходного тока улучшается, а частота коммутации увеличивается. Необходимо отметить, что частота коммутации ключей варьируется в широком диапазоне, поэтому нет возможности регулировать гармонический состав выходного тока. ШИМ с релейно-гистерезисным регулятором тока преимущественно применяется для частотно-токового управления ПЧ с АИН.

Применение среды имитационного моделирования Simulink для исследования систем электроснабжения воздушных судов

Царев П.В., Шурупов В.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Бочаров А.С.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 91
bocharov_a_s@mail.ru

Развитие авиации вслед за научно-техническим прогрессом влечет за собой усложнение авиационных систем и комплексов, в том числе систем электроснабжения (СЭС) воздушных судов (ВС), внедряются устройства и системы, основанные на цифровом управлении с мощными вычислителями. Этот дает право считать актуальными вопросы, связанные с более углубленным рассмотрением процессов, происходящих в СЭС за счет использования последних достижений в области применения программ имитационного моделирования и проектирования.

Применение возможностей таких компьютерных средств моделирования, проектирования и визуализации сложных технических систем как Matlab&Simulink позволяет значительно упростить процесс исследования, эта система специально создана для проведения именно инженерных расчетов и имеет свойственные ей особенности при моделировании СЭС: используемый математический аппарат предельно приближен к современному математическому аппарату инженера и ученого; является открытой системой, это означает, что практически все процедуры и функции доступны для корректировки и дополнения в процессе исследования; при моделировании элементов СЭС пользователю не нужно досконально изучать язык программирования и численные методы математики, а достаточно общих знаний требующихся при работе на компьютере и, естественно, знаний принципов построения и работы этих элементов как в отдельности, так и в структуре СЭС; библиотека блоков SimPowerSystems уже содержит набор блоков для имитационного моделирования электротехнических устройств, что значительно упрощает моделирование сложных СЭС.

Целью работы является раскрыть некоторые особенности программы Simulink при разработке СЭС ВС, выработать единый подход для моделирования бортовых систем электроснабжения ВС.

Для решения задач моделирования СЭС ВС и дальнейшего исследования в различных условиях эксплуатации разработана обобщенная имитационная модель СЭС ВС. В структуре модели отражены принципы построения, существующих в настоящее время, СЭС ВС, учитывая особенности программы Simulink для реализации таких структур в подобных программах.

В состав модели входят: модель силовой установки; модель источника электроэнергии, в качестве которого может использоваться модель генератора; модель преобразователя электроэнергии, выбирается тип преобразователя и их количество в зависимости от типа ВС; модель системы распределения электроэнергии; модель приемников электроэнергии, их количество и тип имитируют работу СЭС под нагрузкой в различных режимах; модели блоков регулирования, защиты и управления; измерительно-регистрирующие блоки, представляющие собой стандартные блоки из библиотеки Simulink, подключаемые при необходимости для решения поставленных задач.

В качестве основных выводов можно отметить следующее. Программа Matlab&Simulink позволяет осуществлять исследование (моделирование во времени) поведения динамических моделей элементов ЭЭК самолета, путем сборки на экране схемы соединений элементарных (стандартных или пользовательских) звеньев. Архитектура имитационных моделей открыта, следовательно, по желанию разработчиков, имеется возможность изменения моделей, выполненных в программе Simulink, с целью улучшения, как эргономических свойств, так и для расширения функциональных возможностей моделей для проведения исследований.

Анализ способов цифрового управления транзисторным инвертором

Чернов Н.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Крючков В.В.
МАИ, каф. 306
nicher94@mail.ru

Источники питания альтернативной энергетики - солнечные батареи, ветровые и приливные электростанции, топливные элементы, а так же аккумуляторы на борту ЛА обеспечивают постоянное напряжение. Многим потребителям электроэнергии на борту ЛА и наземных объектов требуется переменное напряжение заданного качества, определяемого коэффициентом гармоник, согласно ГОСТ. Для преобразования постоянного напряжения в переменное используются инверторы. Инверторы применяются на борту ЛА для повышения качества напряжений питания различных систем и в качестве аварийных источников питания.

Системы управления, обеспечивающие работу силового каскада инвертора по заданным параметрам режима регулирования, могут быть аналого-цифровыми, либо полностью цифровыми. Используя аналого-цифровую систему управления сложно реализовать необходимые системы связи с центральным компьютером и другие необходимые интерфейсы. В связи с этим целесообразно рассмотреть вопрос о переходе на полностью цифровые системы управления. Именно этот вопрос и рассмотрен в представленной работе.

Цифровое управление может быть выполнено на основе цифровых контроллеров, с различным набором функций, периферии и рабочих параметров, таких как

- тактовая частота;
- разрядность контроллера;
- потребляемая мощность;
- наличие, количество и разрядность АЦП, таймеров, портов ввода-вывода.

Скорость выполнения команд является ключевой характеристикой, влияющей на реализацию выбранного режима формирования и регулирования выходного напряжения инвертора. В связи с этим рассматривались цифровые контроллеры с RISC структурой.

В ходе этой работы:

- проведены анализ и выбор необходимого функционала контроллера, расчет разрядности блоков АЦП и ШИМ, необходимой для обеспечения заданного качества регулирования выходного напряжения.
- проведена оценка производительности структур на основе микроконтроллера в программе Proteus.

Сравнительный анализ методов формирования синусоидального выходного напряжения многоячейкового инвертора

Щетинин В.Е.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Аверин С.В.
МАИ, каф. 306
shetininve@gmail.com

Развитие бортовых электронных и электрических систем, влечет за собой увеличение их количества, потребляемой мощности и требований к качеству

электропитания. Как следствие этой тенденции возрастают требования к мощности бортовых инверторов. Задача увеличения выходной мощности инвертора в разы требует нетривиальных подходов к ее решению. Увеличение удельной мощности единичного инвертора с учетом ограничений отечественной элементной базы и ориентированности на импортозамещение невозможно. Одним из наиболее перспективных способов увеличения выходной мощности инверторов является использование многоканального преобразования, когда суммарная выходная мощность формируется из нескольких отдельных ячеек, сформированных из единичных инверторов, являющиеся частью многофазного инвертора и работающие с заданным сдвигом фаз. Применение современных микропроцессоров позволяет внедрить адаптивные методы формирования выходного напряжения многоячейкового инвертора. Задача повышения выходной мощности инвертора становится актуальной и решаемой.

В работе рассмотрен метод формирования синусоидального напряжения, как наиболее оптимального для питания бортового оборудования, на выходе многоячейкового инвертора. Приведено краткое описание алгоритма формирования сдвигов фаз ячеек инвертора при их параллельном подключении к входной сети постоянного тока. Углы переключения ключей инверторов-ячеек получаются посредством аппроксимации синусоидального сигнала, исходя из числа ячеек инвертора. Расчеты проводились из требований современного стандарта трехфазной бортовой сети переменного тока с фазным напряжением 115 В частотой 400 Гц.

Применение данного метода позволяет равномерно разделить нагрузку между ячейками, оптимизировать их мощностные и массогабаритные показатели, улучшить массогабаритные показатели выходных фильтров и упростить управление инвертором.

Рассмотрены способы формирования выходного напряжения инвертора, вписанного в опорный синусоидальный сигнал и описывающего его снаружи. Описаны особенности алгоритма работы инвертора в обоих случаях. Приведено имитационное компьютерное моделирование инвертора при различных параметрах регулирования напряжения и результаты спектрального анализа выходного напряжения инвертора для вписанного и описанного напряжений.

Моделирование магнитных полей системы круговых витков

Юдин П.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Семенова Ю.В.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. ЭПЭ
paupoik@gmail.com

Для формирования магнитных полей в технических устройствах широкое применение находят различные обмотки.

Для моделирования полей, созданных такими системами круговых витков автором использовано следующее соотношение, устанавливающее связь напряженности $d\vec{H}$ в точке P(x, y, z), созданного бесконечно малым элементом проводника $d\vec{s}$ с током I, размещенным в точке Q(X, Y, Z).

$$d\vec{H} = \frac{I}{4\pi R^3}\left[d\vec{s}, \vec{R}\right],$$

где

$$\vec{R} = \left[X - a\cos(t)\right]\vec{i} + \left[Y - a\sin(t)\right]\vec{j} + Z\vec{k}$$

– радиус-вектор, проведенный из точки Q(X,Y,Z) в точку P(x, y, z).

После интегрирования по всей длине одного витка проводника S для вектора напряженности поля $\vec{H}$ в точке P получим

$$\vec{H} = \frac{I}{4\pi}\oint_S \frac{\left[d\vec{s}, \vec{R}\right]}{R^3}.$$

С учетом параметрического способа задания окружности радиуса

$X = a\cos(t)$, $Y = a\sin(t)$, где $t \in [0,2\pi]$ и формулы для компонентов векторного произведения

$$[ds, R] = \begin{bmatrix} i & j & k \\ -a\sin(t)dt & a\cos(t)dt & 0 \\ X - a\cos(t) & Y - a\sin(t) & Z \end{bmatrix}$$

автором разработана функция

$[h_x, h_y, h_z] = hvit(Q, a)$,

которая для единичного кругового витка радиусом a с единичным током определяет в точке P с координатами x, y, z компоненты h_x, h_y, h_z вектора напряженности $\vec{H} = h_x\vec{i} + h_y\vec{j} + h_z\vec{k}$.

Магнитные поля, созданные системой круговых витков определяются на основе принципа суперпозиции.

Направление «Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение»

Методологический подход к синтезу интеллектуальной системы управления объектами на основе идентификационного управления и нечёткой логики

Алешин В.А., Коротаев Д.С., Шевцов С.Н.
Научный руководитель – к.т.н. Шевцов С.Н.
ВУНЦ СВ, НИЦ СОТИ
sshvc@yandex.ru

Сложные динамические объекты (СДО) – роботы, манипуляторы, беспилотные летательные аппараты и прочие устройства находят широкое применение в виде бытовых систем и комплексов от которых зависит здоровье и жизнь человека. Стремительно повышается интерес к СДО со стороны госструктур и различных ведомств.

Рассматриваются вопросы разработки алгоритмического и архитектуры программного обеспечения систем управления СДО на основе выводов нечеткой логики и идентификационного управления с применением следящих систем.

При разработке архитектуры системы управления рассматриваются принципы и особенности интеллектуальных технологий на основе применения экспертных систем, нечеткой логики, нейронных сетей и ассоциативной памяти. Анализируются приемы применения данных технологий для решения различных задач управления СДО. Рассматриваются задачи на основе составной части элементов подвижных мобильных оснований, исполнительных органов, целевых объектов.

Исследуется ряд методов по возможности определения расстояния до целевого объекта на основе применения следящего управления. Приводится ряд компоновок систем следящего управления, рассматриваются их достоинства и недостатки.

Синтезируется структура построения системы управления СДО на основе метода нечёткой логики и следящего управления. На основе применения следящего управления разрабатывается и исследуется математическая модель СДО, модель нечеткого регулятора, структурная модель подвижного объекта идентификации.

Исследуются различные формы представления наблюдаемого объекта и методы описания его идентификации. Приводятся некоторые характеристики признаков объектов. Рассматриваются методы и алгоритмы, применяемые при обработке цифровых изображений, осуществляющих наблюдение и идентификацию за подвижными объектами, исследуются их достоинства и недостатки.

Для исследования процесса отслеживания движущихся объектов обработка изображения планируется реализовывать методом локальной идентификации. На основе данного метода предлагается использовать несколько цифровых фильтров, позволяющих осуществлять идентификацию подвижных объектов в режиме реального времени. Исследуются их характеристики.

Разрабатывается архитектура приложения, принимающего и обрабатывающего сигналы идентификации, управления, осуществляющего нечеткий логический вывод на базе SLAM-технологии. Технология SLAM (Simultaneous Location and Mapping) связывает два независимых процесса в непрерывный цикл последовательных вычислений. При этом результаты одного процесса участвуют в вычислениях другого процесса. Подход SLAM подразумевает также ряд новых методов, используемых роботами и беспилотными летательными аппаратами для построения карты в неизвестном пространстве или для обновления карты в заранее известном пространстве с одновременным контролем текущего местоположения, состояния объекта и пройденного пути.

Информационно-вычислительная система для оценки характеристик рассеивания снарядов

Андрусенко А.П.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ефанов В.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА»
andrusenko-aleksey@mail.ru

Актуальность разработки системы обусловлена необходимостью поддержания на заданном уровне эффективности стрельбы артиллерийским оружием в процессе эксплуатации.

Источников ошибок стрельбы, вызывающих рассеивание снарядов, существует много. Наибольший удельный вес в суммарном рассеивании имеют ошибки стрельбы, связанные с прицеливанием и наведением снаряда в точку встречи с целью. Ошибки стрельбы, вызывающие случайные условия отделения средств поражения от орудия или летательного аппарата, которые определяются индивидуальными конструктивными особенностями подвески его на ЛА и колебаниями установки под влиянием сил отдачи при стрельбе из автоматического оружия, называются техническими ошибками.

Для определения характеристик рассеивания снарядов используются различные методы, которые можно разделить на четыре группы: экспериментальные, аналитические, методы математического моделирования, комбинированные.

Предложен комбинированный метод, который на основе применения полунатурного стенда, позволяет определить влияния начальной скорости снарядов на характеристики рассеивания снарядов.

Предлагаемый способ определения характеристик рассеивания снарядов заключается в формировании неконтактных измерительных полей в пространстве в виде двухмерных лазерных сеток, осуществлении измерения скоростей и координат пролета снарядов относительно измерительных полей на основе фиксации моментов и комбинации сработавших элементов фотоприемников, определении характеристик рассеивания снарядов.

Изменение начальной скорости снаряда в начале живучести системы «оружие-боеприпас» обусловлено отклонениями характеристик боеприпаса: порохового заряда, усилия распатронирования, положения обтюрирующего пояска относительно базы патрона и износом стволов артиллерийского оружия (АО). Основной причиной износа стволов АО является разгар канала ствола вследствие теплового воздействия порохового газа, а также большими силами трения между нарезами и ведущим пояском снаряда. При осуществлении стрельбы из АО с постоянным контролем начальной скорости снарядов можно определить зависимость влияния износа ствола на характеристики рассеивания снарядов.

На основе математического моделирования осуществлен анализ влияния изменения начальной скорости полета снарядов на характеристики рассеивания снарядов и на вероятность поражения цели.

Предложен способ компенсации отклонения начальной скорости снаряда от номинала на основе учета при формировании угловых поправок ствола АО текущих значений начальной скорости.

Литература

1. Пат. 2576333 Российская Федерация. Способ определения характеристик пролета снарядов относительно центра мишени при стрельбе из артиллерийского орудия и информационно-вычислительная система для его осуществления. / Ефанов В.В., Мужичек С.М., Любарчук Ф.Н., опубл. 20.07.2016.

12. Пат. 2568270 Российская Федерация. Способ определения характеристик рассеивание снарядов при стрельбе из артиллерийского оружия и информационно-вычислительная система для его осуществления. / Ефанов В.В., Мужичек С.М., Шутов П.В., Андрусенко А.П., опубл. 20.11.2015.

Разработка образовательного набора для авиамоделирования с элементами электроники и радиоуправления

Ашурбекова Д.И., Якимова Д.В.
Научный руководитель – Ненашев А.О.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, каф. РК9
daryaunions@gmail.com

В настоящее время подавляющее большинство образовательных решений в области робототехники, электроники и авиамоделирования представляют собой готовую элементную базу для сборки моделей по заранее разработанным схемам. Мы считаем, что данный подход не способствует развитию у ребёнка инженерного мышления и мелкой моторики.

Мы разрабатываем образовательный набор для авиамоделирования, в котором будут содержаться материалы, необходимые для изготовления корпуса модели, а также электронные компоненты, используя которые можно собрать авиамодель на радиоуправлении. Все электронные компоненты разрабатываемого набора содержат коннекторы для беспаечного соединения элементов, что позволит собирать модели в центрах дополнительного образования и в домашних условиях, не применяя дополнительного оборудования.

Большинство радиоуправляемых моделей работает на Li-Po аккумуляторах. Они удобны в использовании из-за небольшого веса, но требуют дополнительного оборудования для их зарядки. Поэтому возникла необходимость изготовления собственной платы. Было решено использовать Micro USB порт, так как большинство современных смартфонов имеют именно такой разъем и приобрести шнур в случае утери не составит труда. За основу схемы был взят контролер заряда аккумулятора MCP73831T-2ACI/OT. После отрисовки схемы платы, с учетом размера электронных компонентов плата была вырезана на настольном фрезерном станке Roland MDX20.

В состав набора входят следующие электронные компоненты: радиопередатчик, двухканальный мини радиоприёмник, аккумулятор Li-Po ёмкостью 1000 мАч, 2 бесколлекторных мотора, а также плата для подзарядки Li-Po собственной разработки. А также материалы для изготовления корпуса модели: пенопласт, углеродный стержень.

Кроме того, в набор входит образовательное пособие, в котором содержатся чертежи деталей, изложены основные принципы работы электронных компонентов, приведены советы по модификации моделей и методы обработки материалов.

Готовую модель можно оформлять по собственному желанию, декорировать с помощью входящих в комплект виниловых наклеек.

В процессе изготовления собственной радиоуправляемой модели ребёнок приобретёт навык обработки материала и познакомится с основными принципами работы электронных компонентов. По окончании работы ребёнок изготовит действующую радиоуправляемую модель самолёта. Она привлечёт внимание сверстников и привьёт интерес к инженерному делу.

Использование конечно-элементных моделей при моделировании динамики авиационных робототехнических систем

Беклемищев Ф.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Тихонов К.М.
МАИ, каф. 701
philipsmsk@gmail.com

В современной инженерной практике моделирование играет существенную роль. Эта роль постоянно усиливается в связи с развитием информационных технологий, основанных на широком использовании возможностей современных вычислительных систем. Применение таких технологий при разработке авиационных робототехнических систем позволяет принципиально улучшить качество проектируемых изделий, их тактико-технические и экономические характеристики, в том числе существенно сократить

стоимость выполняемых работ за счёт сокращения натурных испытаний. Таким образом, информационные технологии, по существу, являются неотъемлемым компонентов процессов моделирования такого рода систем.

При моделировании динамики сложных механических систем важной задачей является учёт упругих характеристик как системы в целом, так и отдельных её элементов. Такой учёт осуществляется путём создания их «упругих» моделей на основе метода конечных элементов (МКЭ). В связи с этим, современные модели являются важной составной частью методики моделирования сложных авиационных робототехнических систем, являясь, по существу, мультифизичными. Реализованные в совокупности программных комплексов, включенных в процесс моделирования, и обеспечивающие моделирование задач движения системы твёрдых тел, задач управления, задач аэрогазодинамики, задач упругости и др., – такие модели в целом представляют собой интегрированную систему. Они связаны между собой единым объектом моделирования, по сути единым программно-аппаратным комплексом, форматами передачи данных и др.

В данной работе рассматриваются результаты исследования авиационных робототехнических систем на основе интеграции информационной технологии твердотельного моделирования SolidWorks, пре- и постпроцессора MSC.Patran, системы инженерного анализа MSC.Nastran и отечественного программного комплекса автоматизированного динамического анализа многокомпонентных механических систем Euler.

Процесс создания конечно-элементных моделей в связке MSC.Patran/MSC.Nastran включает в себя реализацию следующих этапов:

– построение геометрии инструментами препроцессора Patran или путём импорта геометрии из SolidWorks;

– построения конечно-элементной сетки с использованием одно- или двумерных элементов и многоточечных связей и создание списка интерфейсных звеньев;

– определение материала и его свойств;

– создание параметров расчёта (входного файла для MSC.Nastran) с возможность определения полной и редуцированной матриц жесткости, матриц статических и собственных векторов модели, матриц масс, матрицы напряжений;

– получение результатов в цифровой форме (выходного файла MSC.Nastran).

Моделирование динамики авиационных робототехнических систем осуществляется в программном комплексе Euler. В создаваемую модель интегрируются входные и выходные файлы MSC.Nastran, добавляются граничные условия, модели управления, внешние нагрузки и т.п.

Полученные с учётом упругости отдельных элементов конструкции результаты моделирования авиационных робототехнических систем продемонстрировали адекватность и высокую сходимость с результатами натурных испытаний, что позволяет говорить о возможности использования данных моделей.

Способы защиты управляемой авиационной бомбы от противодействия зенитно-ракетных комплексов

Беличук А.А., Романов А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ашурков А.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 83
belichuk1986@mail.ru

Учитывая возможности перспективных зенитно-ракетных комплексов (ЗРК) уровня 2020-2025 г., возникает необходимость защиты высокоточного оружия, в том числе управляемых авиационных бомб (УАБ), на участке автономного полета к цели при боевом применении от зенитных управляемых ракет (ЗУР) с активной радиолокационной головкой самонаведения (АРГС).

В данном докладе рассматриваются такие способы борьбы с ЗУР как уменьшение эффективной поверхности рассеивания (ЭПР) боеприпаса и использование радиолокационных ловушек (РЛЛ).

В результате моделирования определено, что величина вероятности непоражения $P_н$ УАБ при величинах её ЭПР 0,005…0,05 м^2 находится на уровне 0,85…0,95. При уровнях ЭПР 0,05 м^2… 0,1 м^2 величина $P_н$ находится на уровне 0,75…0,85. При уровнях ЭПР УАБ более 0,1 м^2 величина $P_н$ снижается до величины порядка 0,5.

Таким образом, для реализации наилучших показателей эффективности преодоления противовоздушной обороны (ПВО), ЭПР боеприпаса должна быть не более 0,05 м^2. Это достигается использованием радиопоглощающих покрытий, но из-за жестких ограничений по массе оказывается целесообразным покрывать не весь объект, а только те части, которые образуют «блестящие точки».

Качество функционирования угломерного канала головки самонаведения (ГСН) во многом определяет боевые возможности ЗУР. Это позволяет рассматривать угломерный канал ГСН как основной и непосредственный объект противодействия, осуществляемого применением РЛЛ с помощью специальных устройств отстрела на боеприпасе.

Продолжительность воздействия сигналов от ловушки на систему самонаведения для импульсных систем определяется временем пребывания ловушки в импульсном объеме. Чтобы определить время пребывания ловушки и цели в одном и том же импульсном объеме, необходимо провести расчет траектории ловушки при ее свободном падении.

Чтобы увеличить время пребывания РЛЛ в достаточно малой окрестности около цели, необходимо осуществить отстрел в направлении движения УАБ с некоторой начальной скоростью. В случае захвата УАБ на сопровождение на соответствующей скорости боеприпаса доплеровской частоте АРГС ракеты будет осуществлять наведение на нее в довольно узком частотном диапазоне с учетом вычисленных координат траектории полета именно этой цели - УАБ (траекторная селекция цели).

Следовательно, защита УАБ путем смещения точки наведения ЗУР от объекта самонаведения является перспективным направлением, но следует заметить, что при отстреле РЛЛ очень важно, чтобы они попали в указанный частотный диапазон, а траектории их падения отличались от траектории УАБ незначительно.

В связи с этим эффективное применение РЛЛ может быть достигнуто за счет использования на УАБ аппаратуры обнаружения факта облучения АРГС, по поступающей информации от которой может осуществляться выброс РЛЛ в расчетное время в направлении полета УАБ (или под небольшим углом к нему).

Таким образом, за счет сбалансированного размещения и применения РЛЛ и специального радиопоглощающего покрытия при незначительном увеличении массы боеприпаса имеем значительное уменьшение вероятности поражения боеприпаса средствами ПВО противника.

Разработка актуатора для робототехнических систем

Берёзов Н.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Афанасьев А.Ю.
КНИТУ-КАИ, каф. ЭО
kolyn_star21@mail.ru

Для привода манипуляторов роботизированных систем применяются электродвигатели с редукторами. Имеющиеся электроприводы с механическими редукторами имеют ряд недостатков, самый существенный из них – невысокая надёжность в следствии механического контакта, что приводит к разрушению не только редуктора, но и самой системы в целом. В настоящей работе предложен электропривод с магнитным редуктором с высокими энергетическими показателями, который пригоден для работы на подвижном основании, при вибрации и ударной нагрузке, при больших скоростях вращения, а также является бесконтактным.

Синхронный двигатель торцевого исполнения с возбуждением от постоянных магнитов, с многослойной решетчатой магнитной системой и с магнитной редукцией представляет из себя 3-х фазный электродвигатель, имеющий ротор с явно выраженными полюсами. Магнитное поле ротора быстрого вращения создается постоянными магнитами

из сплава NdFeB (неодим-железо-бор). [1] Магнитное поле, созданное ротором быстрого вращения, проходит через решётчатую магнитную систему (диски статора и диски ротора медленного вращения изготовленные из чередующихся секторов магнитомягкого и немагнитного материалов). Разделение магнитного потока на несколько малых струек и их многократная деформация приводят к существенному увеличению электромагнитного момента в следствии создания области электромагнитного взаимодействия статора и ротора трехмерной (объемной).

При выполнении дисков ротора медленного вращения магнитного редуктора из намагниченных секторов, происходит значительное увеличения выходного крутящего момента, который может передать магнитный редуктор. Результаты моделирования электромагнитного поля показали, что актуатор с такой конструкцией размеры которого составляют 160х180 способен выдавать на выходе момент 35 Н·м. С другой стороны такое изменение в конструкции магнитного редуктора приводит к увеличению его стоимости, поэтому выполнение секторов дисков ротора медленного вращения из магнитомягкого материала остаётся актуальным для приводов, где необходим небольшой момент вращения (12 Н·м при тех же размерах), но остаётся важным показатель надёжности.

Так же следует отметить, что при использовании ротора с намагниченными секторами происходит увеличении передаточного отношения в 2 раза при тех же числах секторов дисков ротора и статора, что является так же благоприятным в плане энергоэффективности.

При использовании синхронного двигателя с разделённым якорем этот показатель увеличивается до 50 Н·м при тех же размерах, в связи с уменьшением утечек магнитного поля. В дополнение к этому увеличивается площадь теплоотдачи статора, что способствуем хорошему охлаждению и защищает от перегрева.

Таким образом, использование актуаторов на основе синхронного электродвигателя с магнитной редукцией для робототехнических систем представляется перспективным.

Литература

1. Патент РФ № 2604058, Афанасьев А.Ю., Макаров А.В., Березов Н.А.. Синхронный электродвигатель с магнитной редукцией. МПК H02K 16/02, H02K 19/24, H02K 19/06 опубл. 2016.12.10, Бюл. № 34

Разработка программной части автоматизированной системы контроля датчиков инерции в среде LabView

Вагапов У.Д., Перчихин О.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Захаров И.В.
МАИ, каф. 701
umar.vagapov@yandex.ru

Необходимость контроля параметров датчиков инерции (акселерометров (ДЛУ) и датчиков угловой скорости (ДУС)) управляемых авиационных средств поражения (УАСП) при проведении регламентных работ объясняется тем, что в процессе эксплуатации требуется гарантия достоверности их выходных характеристик. Сигналы данных приборов используются в инерциальных навигационных системах для вычисления скоростей и координат, а также в системах бортового управления для измерения текущего и критического значений перегрузки. Первостепенной задачей является выявление составляющей ошибки в полезном сигнале, существенно влияющей на корректную работу данных систем. Ошибки зачастую возникают при воздействии на датчики климатических и механических факторов среды (температуры, влажности, вибрации, ударных и инерционных перегрузок).

В процессе контроля необходимо производить регистрацию и обработку как воздействующего фактора (ускорения или перегрузки), так и параметров испытуемого прибора. В лабораторных условиях такие испытания проводятся на специальном оборудовании (вибростендах, центрифугах и тд.). Данные установки зачастую является весьма дорогостоящими и находятся на заводе-изготовителе в единичных экземплярах.

Кроме того во время проведения испытаний на установках неизбежно возникают погрешности из-за начальных ошибок измерения, неточного крепления испытуемого изделия и тд. Автоматизированная система контроля (АСК) с использованием аппарата математического моделирования позволит повысить надежность отработки процессов контроля.

Необходимость создания АСК с использованием аппарата математического моделирования обоснована рядом причин:

- проведения испытаний при гармонических и ударных перегрузках (задание угловых скорости и линейных ускорений по синусоидальному закону);
- минимизация затрат (не используется дорогостоящее прецизионное оборудование);
- автоматизация процессов контроля;

Программная часть АСК реализована в среде LabView, в виде виртуального прибора (ВП), осуществляющего сравнение и визуализацию результатов эксперимента. Основным преимуществом ВП является его интерактивность, при помощи которой имеется возможность наблюдать изменение выходной величины при каких-либо изменениях входных параметров созданной программы. В схеме моделирования имитируется как оборудование для создания входных воздействий (генератор входного воздействия - угловой скорости, линейного ускорения, ударной перегрузки), так и испытуемый датчик в виде его математической модели. ВП обрабатывает сигналы датчика и производит расчет контролируемых характеристик с высокой степенью точности.

На основании данных, полученных с помощью АСК, возможно сделать вывод о достоверности выходных характеристик датчиков и целесообразности их дальнейшего использования в составе той или иной инерциальной системы.

Ориентирование в пространстве робота-тьютора

Ведьманов И.С., Мухин Н.Ю., Жданов П.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Брехов О.М.
МАИ, каф. 304
i.vedmanov@kaf304-mai.ru

Одним из перспективных направлений развития робототехники является разработка робота-тьютора, обеспечивающего интерактивное проведение занятий со студентами. Робот-тьютор реализуется на основе платформы робота для преодоления лабиринта, признанной победившей в Международном конкурсе на лучшую студенческую работу в области программирования систем на кристалле и микросхем программируемой логики. При реализации робота-тьютора возникают две задачи: голосового управления и ориентации в пространстве.

В данном сообщении рассматривается задача реализации системы ориентирования роботизированной платформы в пространстве закрытого помещения.

Анализируются несколько видов технологий для ориентации в пространстве: с использованием меток: RFID, QR и т.д., а также локального позиционирования: радиолокационная, ИНС, ультразвуковая, оптическая, учитывающая изменение магнитного поля, LIDAR. Для ориентирования был выбран метод использования меток, в качестве которых выступают QR-коды, определенным способом размещенные на той территории кафедры, на которой предусмотрена возможность деятельности робота-тьютора. Таким образом, формируется своего рода карта кафедры: либо сама карта заложена в роботе, а метки служат координатами, по которым он ориентируется, либо карта как таковая отсутствует, но робот из меток получает всю необходимую информацию (указатели к аудиториям и т.д.), после чего он может либо запоминать пройденный путь, либо «забывать» о метке сразу по окончании обработки её содержания.

Следовательно, необходимо обрабатывать графическую информацию с определенной частотой.

Подсистема ориентирования самого же робота-тьютора разделяется на несколько модулей: получающий входной видеопоток данных, обрабатывающий полученные данные, использующий обработанную информацию для принятия дальнейших решений о перемещении, предусмотренных алгоритмом.

Для получения видеоданных необходима камера. Существуют различные виды устройств (по типу подключения): coaxial, USB, RJ45 – была выбрана USB-камера с качеством видео HD720p (важно как получить картинку надлежащего качества, так и не перегрузить вычислительную систему робота). Камера монтируется на сервопривод для подвижности в горизонтальной плоскости на 180º.

Для программной обработки поступившей графической информации задействуется открытая библиотека машинного зрения – OpenCV. API данной библиотеки позволяет обрабатывать получаемые кадры, находить на них QR-коды, считывать их, «читать» заложенную в них информацию.

Далее обработанные «сырые» данные в готовом виде передаются планировщику – главному программному модулю робота, за которым закреплено право принятия решений о дальнейших действиях. В зависимости от содержания метки робот либо изменяет свой путь, либо начинает проводить занятие.

Применение беспилотных авиационных комплексов для регистрации изменений в локальных областях земной поверхности

Алексеенко А.А., Гончаров В.М., Лупанчук В.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Зайцев А.В.
ВА РВСН им. Петра Великого, 21 НИО, каф. 23
raketofflu@mail.ru

Робототехнические комплексы (РТК) всё больше оставляют положительный отпечаток в жизни человека. За последние годы проводится большое количество научных работ и изысканий в области робототехники. Особенно важно отметить применение роботов в критических ситуациях, которые связанны с явной угрозой человеческой жизни. РТК в зависимости от области и способа применения имеют довольно широкую классификацию. Одним из наиболее значимых видов роботов являются летательные аппараты, которые применяются для решения множества специальных задач без участия экипажа на борту, такие летательные аппараты называются беспилотными (БЛА).

На сегодняшний день БЛА применяются в различных отраслях, как гражданского назначения, так и для военных целей. Применение БЛА в составе военных подразделений позволяет обеспечить:

– надежную охрану и оборону наиболее важных объектов (штабов, командных пунктов);

– точное и своевременное выполнение поставленных перед подразделением задач, за счет применения БЛА в качестве разведывательного средства;

– своевременную доставку необходимого оборудования (например, аппаратуры телевизионного, фото или тепловизионного наблюдения) в труднодоступные районы;

– периодичность целевого мониторинга локальных областей земной поверхности.

Весь спектр возложенных на БЛА специальных задач можно учесть при наличии в составе бортовых систем интеллектуальной вычислительной системы. Одним из вариантов ее представления при формировании оптимального алгоритма траектории полета может служить «Многомерная информационная варьирующая адаптивная реальность» (МИВАР), которая относится к научному направлению «искусственный интеллект».

МИВАР – научное направление, основанное на фундаментальных проблемах внутреннего развития искусственного интеллекта при обработке и накоплении информации. Такой подход позволяет обобщить существующие достижения и предложить новые модели и методы обработки информации и управления ею, а также базируется на анализе и развитии экспертных систем, систем распознавания образов, искусственного интеллекта и др.

Предложенный подход может использоваться на начальном этапе формирования программного образа интеллектуальной среды БЛА на основе представления данных в виде равнозначных независимых понятий: вещь (объект, сущность), свойство (атрибут, характеристика), отношение (связь, взаимодействие). Эти три выделенных предметных категории могут использоваться в миварном подходе для представления информации в интеллектуальной области знаний.

На начальном уровне предлагается всю имеющуюся локальную область земной поверхности разбить на мелкие участки и представить ее в виде миварной сети. Основу миварной сети будет составлять площадная матрица, связанная с системой прямоугольных координат. Каждый единичный участок матрицы должен содержать свой индивидуальный номер-идентификатор для того чтобы правильно спланировать траекторию полета БЛА. При формировании интеллектуальной среды необходимо составить базу данных при этом разделить образы распознаваемых объектов на стационарные и подвижные.

Применение интеллектуальных технологий (экспертных систем, баз данных, систем распознавания образов и др.) для планирования оптимальной траектории БЛА позволит построить удобный алгоритм управления и учесть все ограничения, которые закладываются при формировании исходных данных.

О применении 3D-моделей в образовательном процессе

Калмыков А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Захаров И.В.
МАИ, каф. 701
datkknightrises2012@gmail.com

Современные системы наведения (СН) достаточно сложны и состоят из большого числа элементов. Их изучение происходит в рамках дисциплины «Системы наведения», учебный план которой включает в себя теоретическую часть – лекции и практическую – лабораторные работы. На лабораторных работах студенты имеют возможность изучать принципы работы и конструктивные особенности конкретных СН. Для этого используются различные схемы, плакаты, макеты и т.д. При этом макеты могут иметь элементы типа «черный ящик», то есть их не всегда удается препарировать. В силу указанных причин проблема повышения визуализации конструктивных элементов СН является актуальной.

Одним из решений данной проблемы является применение, при изучении дисциплины «Системы наведения», различных 3D моделей, построенных в системе твердотельного моделирования. В настоящее время имеется широкий набор инструментария подобного класса: Solidworks, Solid Edge, КОМПАС-3D и т.д. Данные CAD-системы позволяют подробно исследовать выполненные в них модели реальных образцов, превращая изучение модели датчика СН в своего рода «работу с конструктором». Среди возможностей данных сред 3D проектирования следует отметить такие функции, как «Разрез», что позволяет создавать в 3D-модели реальные разрезы с задаваемым углом и местом разреза. Это позволит обучающимся детально рассмотреть взаимное расположение отдельных деталей в сборке и их функционирование. Кроме того к наиболее эффективным методам изучения «внутренностей» датчиков следует отнести функцию изменения уровня прозрачности отдельно взятых деталей, что тоже позволяет лицезреть внутренние части макета датчика под различными ракурсами, при этом не разбирая его на отдельные детали. Так же система твердотельного проектирования имеет в своем арсенале функцию анимации, которая в свою очередь помогает студентам наглядно изучить процесс работы конкретной СН. Функция определения материала для деталей в сборке обеспечивает детальную визуализацию датчика, делает модель не просто сборкой из «серых деталей», а превращает его в реальный образец. Помимо прочего любая сборка может быть сохранена в формате «3D-pdf», что делает возможным распространение лабораторных материалов среди студентов для более подробного ознакомления.

Многофункциональная система позиционирования высокой точности

Андрющенко А.В., Котляр Д.И., Корнейчук В.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ломанов А.Н.
РГАТУ им. П.А.Соловьева, каф. ВС
dm.kotlyar@yandex.ru

В настоящее время идёт активное развитие робототехники. Большое количество роботов являются нестационарными и способны менять своё положение в пространстве либо с помощью двигателей, либо с помощью человека (переносные роботы). После перемещения таким устройствам требуется знать своё новое местоположение, чтобы выполнять какие-либо действия. Таким образом, перед разработчиками роботизированных устройств встаёт вопрос об организации системы позиционирования в пространстве.

К разрабатываемой системе предъявлялись следующие требования: низкая стоимость, малая и средняя дальность действия, высокая точность измерения расстояния, возможность определения угла поворота объекта.

Исходя из этих требований эффективнее и дешевле проектировать систему позиционирования на принципах измерения расстояния с помощью ультразвука.

Такая система состоит из двух маяков (излучателей) и главного модуля (приёмника). По сравнению с дальномером *HC-SR*04 здесь вдвое сокращается путь ультразвукового сигнала, нет отражения сигнала, поскольку он идёт напрямую от излучателя к приёмнику. Кроме того, появляется возможность использовать более одного излучателя.

Перенос излучателя и приёмника на разные платы требует дополнительного канала связи для их синхронизации. Без него невозможно произвести замер, поскольку невозможно узнать, когда был отправлен ультразвуковой сигнал. Этот канал удобнее всего организовать с применением инфракрасной связи.

Таким образом, для того, чтобы произвести измерение расстояния главный модуль должен отправить ИК-команду маяку. В ответ на это маяк в течении непродолжительного интервала времени – десятки миллисекунд – излучает ультразвуковой сигнал. Главный модуль фиксирует время начала излучения. После получения информации о приёме ультразвукового сигнала, главный модуль определяет время прохождения ультразвукового сигнала в пространстве и вычисляет расстояние, которое он преодолел.

На практике получить идеальную звуковую волну невозможно. У принимаемой волны будет завален передний фронт. Кроме того, следует помнить, что звуковая волна при прохождении в пространстве теряет свою мощность (амплитуду) обратно-пропорционально корню квадратному из пройденного расстояния. Исходя из этого, мы получим ошибку измерения расстояния от передатчика до приёмника. Ошибка увеличивается с отдалением излучателя и приёмника друг от друга. При удалении свыше максимально допустимой дистанции, амплитуда ультразвукового сигнала не достигает критического значения $A_{пор}$. Такой сигнал никогда не будет зафиксирован приёмником. Так же мощность сигнала уменьшается прямо-пропорционально косинусу угла излучения и косинусу угла приёма.

Решение данных проблем достигается путём позиционирования приёмника на центр излучателя и использования аппроксимирующей функции. Для того, чтобы направить ультразвуковой приёмник на центр излучателя, главный модуль производит поиск маяков. По ИК-каналу связи.

По результатам всех измерений в памяти главного модуля сохраняются два расстояния и угол между ними. Таким образом получается треугольник, который однозначно определён по двум сторонам и углу между ними. По теореме синусов микроконтроллер вычисляет третью сторону, а по теореме косинусов – угол поворота объекта.

Разработанная система позволяет определить местоположение объекта относительно двух маяков. Имеется возможность определить угол поворота объекта относительно маяков. Система обладает высокой точностью благодаря ультразвуковому измерителю расстояния. Точность может достигать ±3 мм при измеряемых расстояниях 2 см – 400 см.

Численное моделирование привода ЛА, использующего диаметральную лопастную машину малых размеров

Кутейникова Е.Н.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Самсонович С.Л.
МАИ, каф.702
e.kuteynikova@gmail.com

Применение диаметральных лопастных машин в авиационной технике связано с желанием повысить энергоэффективность ЛА путем использования набегающего потока в качестве дополнительного источника энергии. В существующих конструкционных схемах предлагается располагать диаметральную лопастную машину в аэродинамической поверхности таким образом, чтобы ее ось была перпендикулярна набегающему потоку, а управление осуществлять за счет следующих изменений: значения тяги истекающего потока, лобовых сопротивлений и линий обтеканий потоком аэродинамических поверхностей. Таким образом происходит переход от аэродинамического управления в сторону газодинамического, а проблема проектирования в первом приближении сводится к определению расхода и скорости истекающего потока.

Расчет расхода и скорости истекающего потока затруднен ввиду сложного движения потоков воздуха в рабочем объеме, образования вихрей на лопатках, зависимости характера течения и локализации вихрей от геометрии каналов сброса и подачи воздуха, а также отсутствия четкой методики расчета. Поэтому для определения оптимальных параметров диаметральной лопастной машины таких как: количество лопаток, исполнение цельное или по типу беличьей клетки, углы загибов лопаток, было решено использовать моделирование в программе ANSYS-CFD. Для этого в SolidWorks были созданы модели воздуховода и диаметральных лопастных машин с внешним диаметром 75 мм с различным количеством лопаток: от 6 до 34 при цельном исполнении и от 16 до 34 при исполнении по типу беличьей клетки.

По итогам обработки результатов моделирования было установлено, что для достижения больших значений скорости истекающего потока и расхода следует применять исполнение по типу беличья клетка с числом лопаток от 20 до 26, в случае, если подобная конструктивная схема невозможна из-за расположения электродвигателя или других конструктивных элементов в рабочем объеме, необходимо использовать цельное исполнение при числе лопаток должно лежать в интервале от 10 до 16. Соотношение внешнего и внутреннего диаметра лопастей в интервале от 0,7 до 0,8; угол загиба лопастей у основания интервале от 75° до 90 ° и на концах от 30° до 50°. Размеры и локализация вихря зависят от значения расхода и при его уменьшении происходит рост вихря с одновременным смещением в сторону канала сброса. Для минимизации влияния вихря необходимо провести дальнейшее моделирование для учета влияние геометрии стенок канала сброса и подачи воздуха на его структуру.

Для дальнейшего уточнения геометрии воздухопровода, будут проведены дополнительные исследования и моделирование с аэродинамической поверхности.

Численное моделирование позволило составить представление о течении потока воздуха внутри привода, определить основные геометрическое соотношения диаметральной лопастной машины и выявило проблему в работе привода при малом расходе воздуха, а именно нестабильность работы в этом режиме, а также риск запирания воздухозаборника сформированным вихрем. Таким образом, далее будут промоделировано влияние геометрических каналов сброса и подачи воздуха на работу приводов расположенных в аэродинамических поверхностях, а также влияние этих параметров на лобовые сопротивления и истекающий поток.

Робототехническая система снаряжения летательных аппаратов боеприпасами

Лапшин И.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ефанов В.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА»
ilya.lapshin.94@mail.ru

Повышение интенсивности боевых вылетов летательных аппаратов является основной задачей при подготовке их к полетам, однако современная технология снаряжения летательных аппаратов боеприпасами имеет большой объем физического труда, и, как следствие, высокие трудозатраты, связанные с привлечением большого количества авиационных специалистов.

Одним из направлений сокращения времени снаряжения летательных аппаратов боеприпасами является автоматизация технологического процесса за счет применения наземных робототехнических комплексов. При этом современный уровень развития технологий военной робототехники, позволяет реализовать наземные робототехнические комплексы на основе мобильных электромеханических и гидравлических платформ с телеуправлением, имеющие программно-аппаратные средства для автоматизации процесса снаряжения летательных аппаратов боеприпасами.

На основе использования манипуляционного устройства обеспечивается автоматическая загрузка боеприпасов. При этом на основе введения маркеров идентифицируются боеприпасы, что позволяет обеспечить загрузку различных вариантов боеприпасов.

Робот имеет радиолокационный, инфракрасный и зрительный сенсоры, блок обхода препятствий и модули, реализующие стереотипные схемы движений. Для управления движением мобильного робота предложена управляющая система. Разработана модульная система навигации, которая после обработки и анализа видеоинформации формирует управляющие воздействия на сервоприводы системы движения мобильного робота. Дополнительно в процессе движения радиолокационные датчики считывают информацию с дорожных знаков.

В настоящее время для автоматизации процесса снаряжения летательных аппаратов боеприпасами:

– разработан способ функционирования робототехнической системы снаряжения летательных аппаратов боеприпасами;

– предложена структура и алгоритм работы робототехнической системы снаряжения летательных аппаратов боеприпасами;

– разработана модель технической эксплуатации авиационной техники в условиях боевых действий;

– разработан макет робототехнической системы снаряжения летательного аппарата боеприпасами.

Данная работа является оригинальной и ее результаты можно использовать для предъявления технических требований к наземным роботизированным системам обслуживания летательных аппаратов.

Литература

1. Пат.2560228 Российская Федерация. Способ снаряжения летательных аппаратов боеприпасами и система для его осуществления. / Ашурков А.А., Вытришко Ф.М., Сазонов В.М., Ефанов В.В., Шибиров А.В., опубл. 20.08. 2015.

2. Пат. 245158 Российская Федерация. Бортовая информационная система роботизированного транспортного средства. / Вытришко Ф.М., Сазонов В.М., Ефанов В.В., 27.03.2015.

Исследование эффективности гарантирующего алгоритма управления траекторией БЛА-перехватчика

Ляпин Н.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Евдокименков В.Н.
МАИ, каф. 704
lyapin2010@yandex.ru

В настоящее время общемировой тенденцией является активное использование беспилотных летательных аппаратов (БЛА) для решения разнообразных целевых задач. Анализ открытых библиографических источников показывает, что в наибольшей степени проработаны вопросы, связанные с использованием беспилотных летательных аппаратов для целей обнаружения и подавления средств противовоздушной обороны противника. В то же время динамические возможности современных и перспективных БЛА позволяют рассматривать их в качестве эффективного средства перехвата воздушных целей. Однако, практическая реализация этого важного направления ограничивается отсутствием конструктивных методов и алгоритмов управления БЛА в операциях перехвата воздушных целей.

В [1] представлен алгоритм, основу которого составляет гарантирующий подход, базирующийся на игровой постановке задачи синтеза управления траекторией БЛА-перехватчика. В рамках подобной постановки процесс боевого маневрирования конфликтующих сторон (самолета противника и БЛА) рассматривается как игра, в которой участвуют две стороны, преследующие антагонистические цели. С целью получения конструктивного, практически реализуемого решения, процесс маневрирования игроков описывается в 6-мерном пространстве относительных координат. Показано в [2], что в рамках подобного описания задача синтеза алгоритма управления может быть интерпретирована как задача синтеза гарантирующего управления для линейной динамической системы с квадратичным критерием. Известно, что в такой задаче всегда существует седловая точка, что делает возможным ее решение.

С целью подтверждения эффективности разработанного гарантирующего алгоритма управления траекторией БЛА-перехватчика проведено его моделирование для различных начальных положений БЛА и самолета-противника. Эффективность предложенного алгоритма оценивалась с точки зрения того преимущества, которое приобретает БЛА в воздушном бою. Для этого в пространстве относительных координат конфликтующих самолетов определены «идеальные» с точки зрения интересов противников точки. В качестве подобной «идеальной» точки рассматривалось такое положение каждого из участников относительно противника, при котором он приобретает преимущество в результате последующей атаки. Положение этих «идеальных» точек в пространстве относительных координат зависит от динамических характеристик конфликтующих ЛА и размещенных на них авиационных средств поражения.

В результате моделирования оценивались конечные расстояния в пространстве относительных координат от каждого из ЛА, участвующих в воздушном бою, до соответствующей ему «идеальной» точки. Показано, что в 95-98% случаев БЛА приобретает преимущество в результате боевого маневрирования, занимая более выгодное для последующей атаки положение относительно самолета противника.

Литература

1. Ляпин Н.А. Разработка гарантирующего алгоритма управления траекторией БЛА-перехватчика // 15-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» -2016. 14-18 ноября 2016 года. Москва. Тезисы. М.: Люксор, 2016. с. 457-458

2. Бухалев В.А. Основы автоматики и теории управления. Учебник для слушателей и курсантов ВУЗов ВВС. – М.: Изд. ВВИА им. Проф. Н.Е. Жуковского, 2006 г. – 406 с.: илл. – 101; табл. – 2; библ. – 49.

Уменьшение вероятности отказа системы управления за счет использования рулевых приводов с разнородными каналами управления

Макарин М.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Самсонович С.Л.
МАИ, каф. 702
MikhailMakarin@gmail.com

Увеличение уровня безопасности полетов является одним из основных факторов при создании новых перспективных самолетов гражданской авиации.

В настоящее время начат переход к использованию электромеханических силовых приводных систем и силовых электросетей. Данный переход предполагает при прочих равных условиях:

- Существенное уменьшение общей массы приводных систем;
- Сокращение издержек на обслуживание самолета;
- Повышение уровня ремонтопригодности при подготовке самолета к вылету, так как время восстановительных работ по замене неисправного электротехнического оборудования значительно меньше, чем время аналогичных работ с гидравлическим оборудованием.

Переход на новые средства управления, а также силовую электросеть обусловил возможность возникновения аварийных ситуаций и потерю управления самолета, поэтому при создании рулевых приводов, как электрогидравлических, так и электромеханических, которые содержат электронные блоки управления и силовую электросеть, необходимо искать новые технические решения, которые исключили бы указанные проблемы.

Предлагается строить систему управления с использованием электромеханических приводов с двойным управлением: с резервированием связи органов управления пилота с силовыми приводами рулевых поверхностей, т.е. передавать сигналы от органов управления не только по электролиниям, но и с помощью дополнительной механической проводки с вращающимся валом, аналогичной валу синхронизации выпуска закрылков. Данное предложение позволяет повышать безопасность и надежность полета в аварийных ситуациях за счет использования разнородных каналов управления: дистанционного электрического и ручного механического.

В случае отказа системы управления предполагается использовать муфты сцепления, которые по команде задействуют механическую проводку, соединяя органы управления в кабине с рулевыми приводами. Таким образом управление осуществляется ограниченным числом приводов, а остальные приводы находятся в режиме демпфера.

Применение электромеханических силовых приводов с двойным управлением дает возможность уменьшить вероятность потери управления самолетом на три порядка т.е. с 10^{-9} до 10^{-12} на час полета.

Перспективы развития беспилотных летательных аппаратов

Махмутов З.Т.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Смирнова С.В.
КНИТУ-КАИ, каф. ПИИС
zulfat_mahmutov@mail.ru

В современном мире значение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) очень велико. На сегодняшний день БПЛА уже применяется как в гражданской (аэрофотосъемка и другие способы мониторинга атмосферы и земной поверхности), так и военной (для контроля протяженных и площадных объектов, наблюдения за местами массового скопления людей, мониторинга дорожного движения) сферах.

В данной научной работе были изучены различные виды беспилотных летательных аппаратов, предназначенных для разных целей. Показаны возможности и характеристики современных аппаратов. На основе анализа текущего технического уровня разработок и вариантов применения сделаны выводы о возможных направлениях развития аппаратов и состава бортового оборудования.

Сегодня основными производителями беспилотников являются такие страны, как, США, Иран, Индия и Россия. Как выяснилось, сегодня наиболее востребованы БПЛА для военных целей, таких как наблюдение, сбор разведывательных данных, патрулирование, спасательные и специальные операции и многое другое. На сегодня разработчики ставят перед собой цель создать комбинированные аппараты, с возможностью использования как в пилотируемой модификации, так и в беспилотной. Другими целями для улучшения военных БПЛА они видят уменьшение размеров летального аппарата, что позволит ему проникать в труднодоступные места, увеличение грузоподъемности, времени и дальности полета. Также проводится работа по усовершенствованию систем управления для упрощения работы наземного оператора.

В гражданской сфере БПЛА также играют большую роль. Эти аппараты незаменимы для метеорологических наблюдений, проводят мониторинг земной и водной поверхности, позволяют проводить аэрофото- и видеосъемки. Применение БПЛА значительно снизило затраты на привлечение пилотируемой авиации для создания карт и моделей местности. Наиболее перспективными областями применения в этой сфере являются также медицина и спасательные службы, где БПЛА могли бы сыграть важную роль, доставляя до пострадавших необходимые аппараты.

Существует ряд проблем с использованием гражданских беспилотников. В частности, проблема столкновения небольших аппаратов с людьми, зданиями и небольшими сооружениями. Операторы не всегда могут управлять им в связи с тем, что видеокартинка может пропадать из-за помех и препятствий. Проблемой военных БПЛА является минимальная маневренность из-за больших размеров и большого веса, что не позволяет им летать в городских условиях.

На текущий момент ведутся разработки, направленные на повышение уровня автономности пилотирования БПЛА, а именно, использование набора встроенных сенсорных систем, основанных на различных принципах получения информации о движении. К типовой связке бортового оборудования, состоящей из инерциальной системы на MEMS-датчиках, системы спутникового позиционирования и барометра добавляются системы технического зрения, каналы измерения дальности до земли и препятствий на основе инфракрасных и ультразвуковых преобразователей, добавляется канал измерения аэрометрических параметров движения.

В заключении следует отметить, что робототехника и БПЛА находятся на этапе интенсивного развития. В будущем развитие микроэлектроники, аппаратной базы, программного обеспечения для систем автоматического управления и искусственного интеллекта может привести к тому, что в скором будущем беспилотники станут неотъемлемой частью техносферы, помогая людям удовлетворять различные потребности.

Разработка алгоритма согласованного децентрализованного управления перестроением группы беспилотных летательных аппаратов

Михайлов Н.А.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Ким Н.В.
МАИ, каф. 704
n.mikhaylov.mai@mail.ru

При решении целевых задач группой беспилотных летательных аппаратов (БЛА), для повышения эффективности выполнения отдельных этапов могут потребоваться различные построения группы (формации). Существует множество типовых построений БЛА («колонна», «пеленг», «фронт» и т.п.), которые повышают эффективность решения отдельных подзадач, например: поиск, картографирование местности, облет препятствий и т.д. Сложность проблемы перестроения БЛА в полете состоит в том, что требуется прокладывать траектории каждого БЛА, соблюдая множество критериев и ограничений, противоречащих друг другу: выдерживать интервалы и дистанции, чтобы предотвратить столкновения, проводить перестроение за минимальное время при ограниченных затратах энергии и др.. Исследования алгоритмов управления группой БЛА проводились в ряде работ, в частности, в [1], [2].

Целью данной работы является повышение эффективности перестроений за счет разработки алгоритма построения оптимальных (в смысле минимума суммарной длины) траекторий движения отдельных БЛА при их перестроениях в составе группы. Сформулированная проблема включает в себя, решение следующих подзадач: согласованное распределение положений БЛА в системе координат формации, определение требуемого положения БЛА в навигационной системе координат аппарата с учетом параметров группы (количество аппаратов, направление движения группы, требуемая формация), организация согласованного принятия решения об успешном выполнении задачи перестроения.

Задача перестроения на первом этапе сводится к линейной задачи комбинаторной оптимизации известной как «Задача о назначениях». В качестве метода решения в работе используется «Венгерский алгоритм» [3]. Результатом решения «Задачи о назначениях» для конечного числа возможных формаций является база данных, содержащая в себе массивы требуемых положений БЛА в системе координат группы. На втором этапе задача перестроения сводится к задаче целеуказания, которую отрабатывает автопилот, а алгоритм согласованного управления обеспечивает безопасное выполнение процедуры полета к заданной точке (предотвращение столкновений).

Результатом работы является алгоритм согласованного управления перестроением группы БЛА и программный комплекс, с помощью которого было произведено компьютерное моделирование работы алгоритма. Программный комплекс построен на базе полетного контролера Pixhawk для БЛА мультироторнного типа.

Литература

1. Дьяченко Александр Александрович «Задача формирования строя в группе БПЛА» Известия Южного федерального университета. Технические науки Выпуск № 3 / том 128 / 2012.
2. Julian Barreiro-Gomez, Ignacio Mas , Carlos A. Ocampo Martínez, Ricardo Sánchez Peña, Nicanor Quijano Silva – «Distributed formation control of multiple unmanned aerial vehicles over time-varying graphs using population games» // 55th – IEEE Conference on Decision and Control (CDC). p. 5245-5250.
3. М.О.Асанов, В.А.Баранский, В.В.Расин – «Дискретная математика: графы матроиды, алгоритмы.» - // Ижевск: НИЦ "РХД", 288 стр. 2001.

Автономный алгоритм траекторного управления группой беспилотных летательных аппаратов

Мокрова М.И.

Научный руководитель – доцент, к.т.н. Козорез Д.А.

МАИ, каф. 704

mary.mokrova@mail.ru

В данной работе рассматривается процесс разработки системы управления группой БЛА, выполняющей ударно-разведывательные операции. Основной проблемой группового использования БЛА является корректировка маршрута в ходе выполнения операции, зависящая как от изменения метеорологических условий, рельефа местности, оперативно-тактической обстановки, состава группы, количества целей или боевого задания. Целью представленной работы является повышение вероятности выполнения целевой задачи группой БЛА путем оптимизации формируемых маршрутов и целераспределения между членами группы на базе разработки автономного алгоритма траекторного управления группой. Описываемый алгоритм также должен учитывать целостность и согласованность действий группы БЛА при движении по рабочей зоне. При работе предлагаемого алгоритма возникают проблемы с определением необходимой входной информации, необходимой для работы конкретных частей алгоритма. Планирование маршрутов членов разведывательной составляющей группы состоит из предполетного этапа и корректировки маршрута на борту БЛА в режиме реального времени при выполнении операции. На предполетном этапе строятся основные этапы маршрута, исходя из известных зон, запрещенных для пролета, а также заданных

координат расположения целей и областей интереса. Эти основные этапы остаются неизменными, что обеспечивает согласованную работу группировки. Также на предполетном этапе выбираются точки и времена входа разведывательных БЛА в область интереса исходя из критерия максимизации экономии запаса топлива и, как следствие, возможности наибольшего охвата зон интереса имеющимся количеством разведывательных БЛА. [1] Во время выполнения целевой задачи разведывательной группой БЛА происходит построение маршрута для ударной группы БЛА с учетом необходимости бо́льших радиусов разворота, соблюдения параметров безопасного построения строя группы, а также с учетом районов возможных пусков по критерию досягаемости зон интереса. Корректировка маршрута в реальном времени происходит по критерию минимизации расхода топлива, с учетом обеспечения безопасности следования по траектории группы БЛА. В случае выхода из строя участника, внутри группы решается задача целераспределения между оставшимися участниками группы.

В результате барражирования группы интересующей местности на борту ударного аппарата на основе информации, поступившей со всех разведывательных БЛА, решается задача планирования маршрута ударного БЛА, выбора оптимальных точек, курсов и времени применения, а также целераспределения между имеющимися средствами поражения.

Литература

1. Кормен, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р., Штайн, К. Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms / Под ред. И. В. Красикова. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 1296 с. – ISBN 5-8459-0857-4.

Исследование манипулятора-перекладчика зарядов реактивных снарядов авиационного вооружения

Морозова Ю.К.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Чесных П.П.
МАИ, каф. ММК
m_yulia_k@mail.ru

Изготовление зарядов реактивных снарядов из твердого ракетного топлива (ТРТ) авиационного вооружения осуществляется на разработанной автоматической технологической линии. Одной из операций является механическая обработка заряда на токарном станке. Производство является пожаровзрывоопасным, что требует применения роботов-манипуляторов.

Целью данной работы является кинематическое и динамическое исследование манипулятора-перекладчика изделия калибра 132 мм с одной позиции мехобработки на другую. Объектом манипулирования (ОМ) является шашка твердого ракетного топлива.

Проведен анализ схемы манипулятора. Структурная схема представляет собой синтез двух кулисных и одного параллелограмного механизма для обеспечения плоскопараллельного переноса ОМ, во избежание его падения с ложемента. Графоаналитическими методами проведен кинематический анализ движения звеньев механизма, работающего в неустановившемся режиме ($V_{нач}=V_{кон}=0$).

Для силового анализа механизма задаем закон движения в виде графика скорости ведущего звена. Исходя из условия безударного режима работы ($A_д = A_с$) по условиям техники безопасности, проведен динамический анализ движения. Из решения уравнения движения механизма в энергетической форме определены значения движущей силы на ведущем звене, принятом за звено приведения. Полученные результаты за рабочий цикл позволяют определить потребную мощность двигателя. В качестве привода рекомендован пневмодвигатель с встроенным волновым редуктором оригинальной конструкции, а также разработана схема с гидродвигателем, винтовым механизмом и реечной передачей.

Разработана циклограмма работы манипулятора при обслуживании двух станков и автоматического контрольного стенда, для чего он установлен на специальной рельсовой тележке. Комплекс работает в автоматическом режиме.

Исследование платформ для управления устройствами умного дома

Набиев У.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Осипов В.В.
МАИ, каф. КТ
kt-mati@mail.ru

Под «умным домом» (англ. smarthome) подразумевается система, которая обеспечивает безопасность, комфорт и ресурсосбережение для пользователей. Возможность объединения носимых девайсов, возможность сбора всей информации и статистики о себе и о своём доме в собственном компьютере, построение аналитики и нахождение наиболее эффективных паттернов для решения бытовых нужд – от экономии электроэнергии до прогнозирования поведения и поддержания здоровья, своего и близких.

Как и для любого рынка, связанного с новыми технологиями, на которых работают разные производители, проблема совместимости различных устройств остается одной из основных проблем систем умного дома. На сегодняшний день существует множество девайсов для умного дома, которые не могут взаимодействовать друг с другом, поскольку не разработаны единые правила и протоколы.

При исследовании был проведен функционально-стоимостный анализ систем автоматизации управления устройствами умного дома. На сегодняшний день лидерами среди производителей в данной отрасли являются Apple, Samsung, Qualcomm, Wink и Google. Платформы данных производителей были представлены к сравнению, параметрами сравнения являются: производитель, поддержка со стороны производителей устройств, голосовое управление, языки программирования, облачная платформа и стоимость. Результаты анализа платформ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Платформа	**HomeKit**	**SmartThings**	**Brillo**	**AllJoyn**	**Wink**
Производитель	Apple	Samsung	Google	Qualcomm	Wink
Поддержка со стороны производителей устройств	Philips, GE Elgato, iHome, ConnectSense	Samsung SmartThings, GE,D-Link, Bose	ASUS	Qualcomm, Panasonic, D-Link, Hitachi	Quirky, Linear, Performance, LB1 High
Голосовое управление	Siri	Amazon Echo	GoogleNow	Cortana (Microsoft)	Amazon Echo
Языки программирования	Swift,Java, Objective-C, JavaScript, Go	Groovy	Java, Go	C++, Java, Objective-C	Java, C++, C#
Облачная платформа	iCloud	Samsung SAMI	Google Cloud Platform	Chariot	Winkcloud
Тип коммуникации с устройствами	Bluetooth LE, Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave	Bluetooth LE, Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave	Bluetooth LE, Wi-Fi, Weave	Wi-Fi, Ethernet	Bluetooth LE, Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave
Средняя цена устройств	5042 р. (86.20 $)	4420 р. (75,6 $)	8480 р. (145 $)	7130 р. (122 $)	3900 р. (67 $)

Анализируя платформы по этим параметрам, можно сказать, что HomeKit от Apple и AllJoyn от Qualcomm явно выделяются на фоне остальных. Помимо прочего у данных платформ более широкий выбор языков программирования. Из остальных платформ можно выделить платформу Brillo от Google, у этого производителя есть собственная технология для управления голосом под названием GoogleNow, которая мало чем уступает Siri от Apple.

Формирование системы выравнивания усилий для совместной работы электрогидравлического и двухрежимного рулевых приводов

Алексеенков А.С., Ермаков С.А., Найденов А.В.
МАИ, каф. 702
naydenov.alexey@gmail.com

Широкое распространение систем электрического дистанционного управления в пилотируемой авиации поставило перед разработчиками приводных комплексов для таких систем ряд сложных технических проблем.

Одной из таких проблем является обеспечение необходимого уровня надежности и отказобезопасности следящих рулевых приводов как исполнительных устройств, непосредственно перемещающих рулевые поверхности самолета. Указанный уровень должен соответствовать уровню надежности и отказобезопасности ранее применявшихся систем, продемонстрировавших высокую надежность за десятилетия летной эксплуатации.

При одновременной параллельной работе нескольких приводов на общую рулевую поверхность обычно используются однотипные приводы, входящие в резервированную систему. Однако в ряде случаев возможно применение составляющих данной системы различающихся по размерам, а также статическим, энергетическим и динамическим характеристикам. В этом случае возникает сложная проблема синхронизации работы составляющих приводной системы и снижения взаимонагружения входящих в неё приводов.

Объектом исследований в данной работе являются вопросы, связанные с выравниванием усилий на совместно работающих рулевых приводах. Целью проводимых исследований является разработка структуры системы выравнивания усилий, предназначенной для снижения силового взаимонагружения на совместно работающих электрогидравлическом и двухрежимном рулевых приводах.

В процессе работы были получены математические модели и выполнено математическое моделирование электрогидравлического рулевого привода (ЭГРП), двухрежимного электрогидравлического рулевого привода (ДГРП), а также модель их совместной работы.

Разработанные математические модели состоят из функциональных блоков, описывающих рабочие процессы в отдельных узлах приводов, при этом математические модели основных элементов, определяющих выходные характеристики приводов, являются высокодетализированными.

Полученные статические и динамические характеристики показывают адекватность работы моделей, а также соответствие полученных результатов исходным данным.

Разработаны структурные схемы компенсации силового взаимонагружения для исследуемых рулевых приводов, и проведена оценка эффективности разработанных структурных схем компенсации силового взаимонагружения.

В результате была разработана принципиальная электрическая схема электронного блока макета системы выравнивания усилий и составлено техническое задание на изготовление указанного макета.

Полученные по результатам работы данные показывают эффективность работы предлагаемой усовершенствованной системы выравнивания усилий для всех рассмотренных режимов с учетом принятых допущений при разработке математических моделей ЭГРП и ДГРП.

Применение аппарата дискретных марковских цепей к оценке живучести сложных функционирующих систем

Панфилов А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Киреев А.А.
МАИ, каф. 703
kaf703@mai.ru

Всякая техническая система может быть разложена на подсистемы, агрегаты и технические элементы (ТЭС), а её комплексные функциональные задачи (КФЗ), - на более мелкие функциональные задачи (ФЗ). В результате такой поэтапной параллельной декомпозиции на каждом этапе возникают пары ТЭС-ФЗ.

Введём для функциональной задачи любого уровня иерархии декомпозиции в рассмотрение группу дискретных уровней качества её решения.

В процессе декомпозиции ФЗ на более частные ФЗ дискретные уровни качества их решения постепенно сведутся только к двум уровням. Среди всех уровней иерархии декомпозиции выделим верхний уровень КФЗ, решаемых технической системой в целом, он характеризует работоспособность системы.

На нижнем уровне иерархии декомпозиции системы качество решения ФЗ в паре ТЭС-ФЗ может быть описано двумя дискретными уровнями типа «исправность-отказ».

Всякое снижение качества функционирования системы после повреждений её ТЭС назовём функциональным ущербом системе или её подсистемам. Состояние функционального ущерба (ФнУ) системе описывается на разных этапах её декомпозиции логическими векторами. Компоненты векторов - логические переменные, привязанные к ФЗ в парах ТЭС-ФЗ на соответствующем этапе декомпозиции. Требуется определить вероятностное распределение на состояниях системы на верхнем уровне иерархии после очередного отказа из случайного потока отказов.

Основное затруднение при решении данной задачи состоит в том, что при наличии дублирований ТЭС в изучаемой системе с изменения с ростом состояний ФнУ на всех верхних уровнях иерархии из-за возможного накопления ущерба на подсистемах верхних уровней количество различных векторов состояния оказывается слишком большим.

Для борьбы с возникшим «бедствием размерности» предлагаются две идеи. Первая состоит в разложении булева пространства в прямое произведение некоторой подходящей группы своих подпространств ФнУ.

Вторая идея состоит в том, чтобы следить не за изменением каждого из векторов после очередного отказа, а за марковскими переходами друг в друга некоторых групп векторов состояния ФнУ системе на нижнем уровне иерархии декомпозиции ФЗ. Реализация этих идей влечёт за собой уменьшение количества объектов, на которых мы должны искать вероятностное распределение, изменяющееся после каждого отказа.

Методика расчета ошибок определения координат активного элемента защиты для оценки эффективности функционирования бортового комплекса обороны летательного аппарата

Пашко А.Д.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Донцов А.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА»,
leha.pashko@yandex.ru

Определение траекторных параметров полета атакующей ракеты противника является одной из основных задач, обеспечивающих эффективную защиту летательных аппаратов. Факел двигателя атакующей ракеты противника является наиболее существенным источником демаскирующих признаков, которые позволяют обнаружить и определить траекторию полета ракеты. Определенные координаты траектории могут быть использованы в качестве исходных данных для реализации способа огневого поражения атакующей ракеты противника при помощи активных элементов защиты. В связи с этим

возникает необходимость оценки погрешностей высокоточного сопровождения атакующей ракеты противника.

Целью работы является повышение эффективности защиты летательного аппарата в условиях воздействия на него управляемых ракет класса «воздух-воздух» путем разработки методики, учитывающей фактор огневого поражения атакующих ракет противника.

В результате математического моделирования были получены графики зависимостей дисперсий определения координат атакующей ракеты противника и координат точек подрыва активных элементов защиты, а также вероятности попадания активных элементов защиты в эллипсоид рассеивания, вероятность попадания атакующей ракеты противника в облако осколков, вероятность поражения атакующей ракеты противника совокупностью до 20 активных элементов защиты. Определены вероятности не поражения обороняемого ЛА и общая эффективность работы бортового комплекса обороны.

Анализ результатов моделирования показал, что, суммарная погрешность определения пространственных координат атакующей ракеты противника по тепловизионному изображению факела маршевого двигателя существенно зависит от точности определения координат летательного аппарата, точности определения углового положения атакующей ракеты противника и дальности до нее. Погрешности определения координат активных элементов защиты существенно зависит от точности определения координат летательного аппарата, начальной скорости отстрела и времени подрыва активных элементов защиты.

Таким образом, в статье предложена методика расчета погрешностей определения координат атакующей ракеты противника и активных элементов защиты, позволяющая рассчитать вероятность огневого поражения атакующей ракеты противника. Получены выражения для расчета координат подрыва активного элемента защиты с использованием методов теории ошибок измерений в предположении о прямолинейном и равномерном движении самолета и ракеты, после отработки начального промаха, с учетом ошибок измерений координат самолета, ракеты, скоростей полета самолета и ракеты, ошибок определения текущего угла атаки ракеты. Показано, что ошибки определения угла атаки ракеты зависят от ошибок определения текущих скоростей самолета и ракеты, а также пеленга ракеты в вертикальной плоскости, измеряемого оптико-локационной станцией или специализированной бортовой радиолокационной станцией из состава комплекса защиты летательного аппарата. Показано, что для анализа функционирования системы активной защиты, при реальных значениях погрешностей измерений, применение вышеизложенного подхода является обоснованно необходимым этапом.

Технический облик автоматизированной системы контроля инерционных датчиков автопилота управляемых авиационных средств поражения

Вагапов У.Д., Перчихин О.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Захаров И.В.
МАИ, каф. 701
3217298@mail.ru

Диагностика инерционных датчиков (датчик линейных (ДЛУ) и угловых ускорений (ДУУ)) автопилота, при проведении регламентных работ, играет важную роль для обеспечения корректной работы контура наведения управляемых авиационных средств поражения (УАСП) .

Целью работы является разработка автоматизированной системы контроля (АСК) для повышения точности анализа измерений и их визуализации. Сравнение результатов реальных измерений и математического моделирования позволяет оценить отклонение электрических параметров датчика от номинальных значений. Для этого не обходимо оцифровать аналоговые сигналы с датчиков с помощью информационно-измерительной системы (ИИС).

Сбор информации о значениях электрических параметров с источников сигнала, их обработка, визуализация и накопление, осуществляется на базе программно-аппаратного комплекса (ПАК) National Instruments. Данный комплекс реализует концепцию виртуальных приборов. Эта технология объединяет аппаратные средства и программное обеспечение с компьютерными технологиями для решения измерительных задач.

Аппаратная часть АСК включает в себя:

– систему энергоснабжения (СЭС) объектов и средств измерения;
– генератор сигнала задающего воздействия;
– устройство сбора данных (УСД).

В данной конфигурации ПАК, на этапе макетирования, используется УСД NI USB-6009, которую структурно можно представить как:

– мультиплексор (8 каналов), обеспечивающий передачу информации по нескольким входным линиям связи, на одну выходную;

– усилитель с программируемым коэффициентом усиления, обеспечивающий усиление входного сигнала в 1,2,4,5,8,10,16 и 20 раз в дифференциальной схеме подключения. Усиление вычисляется автоматически на основании диапазона входных напряжений, программируемого в приложении;

– АЦП (14 бит), выполняющий дискретизацию аналогового сигнала (максимальная частота дискретизации одного канала 48 кГц);

– FIFO (First In – First Out) буфер (512 байт), служащий для хранения получаемых данных во избежание их потери во время операции аналогового ввода.

Предварительные испытания АСК показали, что данные характеристики УСД достаточны для получения корректных данных о состоянии объекта контроля.

Разработка информационного обеспечения процесса подготовки полётных заданий беспилотного летательного аппарата

Пиндюрина М.О.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Козорез Д.А.
МАИ, каф. 704
mapinol@rambler.ru

В современной авиации к беспилотным летательным аппаратам (БЛА), выполняющим полётное задание, предъявляются всё более жёсткие требования по скоростям, диапазонам высот и манёвренности. Выполнение этих требований невозможно без сверхточной и сверхнадёжной навигационной системы. Почти все современные БЛА построены по принципу комплексирования, суть которого заключается в совместном использовании нескольких систем навигации (или нескольких измерительных датчиков) для повышения точности, надёжности и помехозащищённости. Одним из вариантов такого комплексирования является совместное использование корреляционно-экстремальных систем (КЭНС) вместе с СНС.

Бурное развитие цифровых карт местности (ЦКМ) позволяет создавать ЦКМ мелкого масштаба. Одновременно создаются банки данных ЦКМ. Все это приводит к возможности создания инструмента, позволяющего в автоматическом режиме определять зоны коррекции БЛА по ЦКМ.

В [1] приведён сравнительный анализ информационных полей навигационного пространства. Главными преимуществами использования рельефа местности являются устойчивость к метеоусловиям и времени суток, а также высокая помехоустойчивость. В качестве статистических характеристик рельефа земной поверхности используются СКО и радиус корреляции рельефа. По информативности можно различить три типа земных поверхностей [1]: слабоинформативный рельеф (СКО рельефа в диапазоне от 10 м до 20 м, радиус корреляции более 5 км); среднеинформативный рельеф (СКО рельефа в диапазоне от 20 м до 50 м, радиус корреляции в диапазоне от 2 до 5 км); сильноинформативный рельеф (СКО рельефа более 50 м, радиус корреляции менее 2 км).

Для автоматического поиска зон коррекции предлагается следующий алгоритм. Оцениваются характеристики поля (такие как математическое ожидание и СКО), если они превышают заданные пороговые значения, то запускается работа КЭНС. Имитируя полёт над потенциальной ЗКРМ с различными ошибками влёта определяются поправки к плановым координатам. Если поправки были вычислены корректно, то потенциальная ЗКРМ признаётся годной для рельефометрической коррекции. Таким образом пройдя по всей заданной территории будут получены сведения о том, где возможна рельефометрическая коррекция и о том, сколько плановых координат может быть скорректировано. Такой инструмент позволит существенно ускорить и упростить процесс подготовки полётного задания, а также создаст предпосылки для построения маршрута БЛА в автоматическом режиме.

Важной особенностью основанного на использовании корреляционно-экстремальной навигационной системы алгоритма поиска зон коррекции беспилотного летательного аппарата является его способность производить оценку потенциальных точностных характеристик этих зон. Проведенное тестирование данного алгоритма показало его эффективность, в частности с помощью данного алгоритма были обнаружены новые зоны коррекции, а также определены новые ракурсы подлёта для уже имеющихся.

Литература

1. Джанджгава Г.И., Августов Л.И., Бабиченко А.В., Орехов М.И., Сухоруков С.Я., Шкред В.К. «Навигация летательных аппаратов в околоземном пространстве», Москва, ООО "Научтехлитиздат" 2015. – 422 с

Динамическая модель манипулятора МанГо с адаптивной системой управления

Павловский В.Е., Подопросветов А.В., Смолин В.С.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Павловский В.Е.
МГУ им. М.В.Ломоносова, каф. ТМиМ
llecxis@gmail.com

Существует условия при которых возможно применение только пневматического привода. Пневмоприводы развивают высокие скорости, большие усилия, но имеют низкие показатели точности позиционирования. В рамках данных производственных задач наиболее важными являются точность позиционирования привода.

В работе рассматривается модель управления, основанная на принципе нейронных сетей. Полная модель, пневматическая и динамическая, данного манипулятора была собрана в среде MATLAB, однако устройство некоторых средств данной среды не имеет полного описания и для верификации параметров была построена динамическая модель манипулятора МанГо в системе компьютерной алгебры Wolfram Mathematica, при этом пневматическая модель системы осталась в среде MATLAB. Кинематическая схема МанГо представляет собой двухзвенный плоский манипулятор. В точках крепления пневмоприводов и звеньев имеются пассивные цилиндрические шарниры. Система определяется углами θ_1 и θ_2.

Система управления спроектирована так, что она адаптируется во время работы к внешним факторам среды, а модельное представление манипулятора позволяет оценить работу системы управления в отсутствие влияния таких факторов (нелинейные характеристики трения поршня в цилиндре, упругость шлангов, подводящих воздух к поршню и др.). Система управления основана на табличной аппроксимации функции, которая преобразует вектор текущего и заданного углов положения звеньев манипулятора к вектору времён открытия клапанов пневмоцилиндров. Так же система управления, во время работы, изменяет табличное представление функции с изменением внешних параметров среды для сохранения и повышения точности позиционирования системы.

Модель манипулятора позволила проверить работоспособность адаптивной системы управление пневмоприводом, а сравнительный анализ результатов работы в

средах Wolfram и MATLAB позволил усовершенствовать и достичь поставленных точностей управления манипулятором.

Литература

1. Aliseychik, A., Orlov, I., Pavlovsky, V., Podoprosvetov, A., Shishova, M., Smolin, V. Pneumatic manipulator with neural network control. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics.,vol. 9719, pp. 292-301, 2016.

13. Документация Wolfram Mathematica © 2017 Wolfram: http://reference.wolfram.com/language/

Разработка электромеханического привода тормоза колеса беспилотного летательного аппарата

Подшибнев В.А., Шибанов М.И.

Научный руководитель – профессор, д.т.н. Самсонович С.Л.

МАИ каф. 702

podshibneff@mail.ru, maksru94@mail.ru

В настоящее время БПЛА находят применение в различных сферах деятельности человека. В зависимости от назначения БПЛА обладают различными характеристиками, в том числе массогабаритными и энергетическими показателями. Целью данной работы является разработка малогабаритного электромеханического привода тормоза малой мощности для колеса БПЛА.

Выбор в качестве приводного механизма электромеханического привода обуславливается отсутствием необходимости подключения исполнительного механизма (ИМ) к источнику гидравлического или пневматического питания, что упрощает обслуживание и позволяет сохранить полезное пространство вблизи стойки шасси.

В данной работе в качестве вариантов механических передач ИМ тормозов рассматриваются механические передачи с телами качения. Были рассмотрены различные кинематические схемы, отличающиеся характером движения выходного звена, создающего усилие для сжатия тормозных колодок. В результате анализа конструктивных схем выбраны схемы: одна с волновой передачей [1], вторая с шариковинтовой передачей [2].

Электромеханический тормоз, построенный на основе шариковинтовой передачи содержит передачу, преобразующую вращательное движение с вала электродвигателя в поступательное движение выходного звена, который является толкателем по отношению к тормозной колодке. Особенностью данной конструкции является наличие промежуточной волновой передачи, что позволяет обеспечить требуемую скорость и существенно уменьшить размеры приводного узла.

Привод, построенный на основе волновой передачи, содержит передачу, преобразующую вращательное движение вала электродвигателя во вращательное движение выходного звена, которым является жесткое колесо второй ступени и выполненное в виде кулачка. Изменение углового положения выходного звена ведет к изменению усилия приложенного к тормозной колодке. Особенностью данного привода является компоновка, выполненная так, что исполнительный двигатель и первая ступень передачи вписаны в полость выходной ступени, что позволило существенно уменьшить линейные размеры привода [3].

Отличительной чертой данных исполнительных механизмов является их габаритные размеры. Расчетные массогабаритные и статические характеристики предложенных механизмов не уступают существующим зарубежным и отечественным аналогам.

Литература

1. Геращенко А.Н., Самсонович С.Л. Пневматический, гидравлические и электрические приводы ЛА на основе волновых исполнительных механизмов М.: Машиностроение, 2006, - 392 с.;

2. Варганов В.О. Винт-Гайка: Учебное пособие для вузов: издательство Санкт-Петербург, 2014.:
3. Северинссон Л. (SE). Дисковой тормоз. – Патент РФ 2246053 10.02.2005.

Аппаратно-программный комплекс оценки способов подавления кодированных лазерных систем

Почечихин Д.И., Токарев Д.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Левшин Е.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. ЭОиОЭС
Eugeny-vrn@mail.ru

Одним из основных методов при проектировании сложных систем управления является метод полунатурного моделирования. Полунатурное моделирование представляет собой исследование управляемых систем на моделирующих комплексах с включением в состав модели реальной аппаратуры. Это моделирование с реальной аппаратурой, при котором часть системы моделируется, а остальная часть является реальной. Наряду с реальной аппаратурой в замкнутую модель могут входить имитаторы воздействий и помех, математические модели внешней среды и процессов, для которых неизвестно достаточно точное математическое описание. Включение реальной аппаратуры или реальных систем в контур моделирования сложных процессов позволяет уменьшить априорную неопределенность и исследовать процессы, для которых нет точного математического описания.

Устранение недостатков существующих средств испытаний техники радиоэлектронной борьбы обеспечивается разработкой на основе метода полунатурного моделирования аппаратно-программного комплекса, имеющего в своём составе штатные (имитаторы) средства создания помех и кодированные лазерные системы, а также реализованные на ПЭВМ компьютерные модели, имитирующие динамику и кинематику полёта носителя кодированной системы.

Аппаратно-программный комплекс предназначен для оценки эффективности способов подавления кодированных лазерных систем по информационным показателям и представляет собой автоматизированное рабочее место, осуществляющее функции воспроизведения фоноцелевой и помеховой обстановки, условий распространения оптического излучения.

Отличительной особенностью комплекса является возможность проведения испытаний техники радиоэлектронной борьбы при подавлении перспективных кодированных лазерных систем.

Основными функциями аппаратно-программного комплекса полунатурного моделирования являются:

– измерение отражательных и излучательных характеристик кодированного лазерного излучения в лабораторных и натурных условиях;

– оценка эффективности способов подавления кодированных лазерных систем по информационным показателям;

– обоснование требований к перспективным способам и средствам оптико-электронного подавления.

Таким образом, аппаратно-программный комплекс оценки способов подавления кодированных лазерных систем позволяет:

– повысить обоснованность техники радиоэлектронной борьбы за счет получения экспериментальных данных об основных закономерностях, определяющих условия эффективного их применения при подавлении кодированных лазерных систем;

– повысить оперативность и достоверность за счет большого количества лабораторных испытаний в отличие от натурных, что позволит на этапе государственных испытаний значительно снизить затраты на исследование перспективных образцов средств радиоэлектронной борьбы.

Двухканальная система измерений положения лопасти вертолета

Прохоров П.Д.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Ким Н.В.
МАИ, каф. 704
prokhorov_pd@mail.ru

На начальных этапах разработки вертолета возникает проблема прогнозирования положений лопастей, обеспечивающих безопасность и качество полета.

Таким образом, важной задачей является исследование поведения лопастей на различных режимах работы несущего винта вертолета.

Предлагается двухканальная система измерения положения лопастей вертолета, включающая два независимых канала: оптический и тензометрический. Определена структура и программно-аппаратный состав обоих каналов измерений.

Оптический канал измерения состоит из высокоскоростной камеры (с частотой съемки 200 Гц), расположенной так, чтобы в поле ее зрения попадал торец лопасти, и вычислительного блока, который производит обработку каждого поступающего кадра с целью определения положения торца лопасти в системе координат, связанной с камерой.

Тензометрический канал измерения включает: тензометрические датчики, расположенные на лопасти, тензометрическую станцию, проводящую регистрацию измерений с частотой 200 Гц и передающую полученные данные по радиоканалу на вычислительный блок для дальнейшей обработки. Каждый тензометрический датчик измеряет относительную деформацию в связанной с них собственной системе координат некоторого участка лопасти. Таким образом для получения требуемого результата была предложена модель пересчета в систему координат вертолета. Для оценки коэффициентов этой модели используются ряд оптических измерений.

Особенность тензометрического канала заключается в том, что измерения производятся на всем круговом диапазоне положений лопасти, в отличие от оптического канала измерения, где измерение возможно только в ограниченном угловом секторе (в поле зрения камеры).

Реализованы демонстрационный макет оптической и тензометрической системы измерения. Разработана методика экспериментальных исследований тензометрической и оптической систем измерения. Предложен комплексный алгоритм для оценки положения и траектории движения лопастей и их идентификации, основанный на комплексировании тензометрических и оптических измерений.

Экспериментальные исследования, проведенные на базе разработанного демонстрационного макета, показали, что рассмотренные тензометрический и оптический методы измерений положения лопасти вертолета являются работоспособными, перспективными и физически реализуемыми.

Совершенствование системы электролебедок БЛ-56 самолётов дальней авиации

Редькин С.Ю.
Научный руководитель – к.т.н. Емельянов А.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 82
alex-77-71@mail.ru

Одну из важнейших ролей в повышении мощи ВС РФ играет авиация. Она обладает высокой боевой эффективностью и способна оказать значительное влияние на достижение успеха в проведении операций на сухопутных и морских театрах военных действий.

В связи с увеличением военно-технического потенциала требования к тактико-техническим характеристикам военной техники возрастают. В современной обстановке приоритетной задачей является повышение эффективности боевого применения вооружения за счет создания новых и модернизации существующих образцов военной техники.

Наиболее ответственным и в тоже время уязвимым звеном во всех современных образцах вооружения является электрический привод (ЭП). В связи с этим к надежности, безотказности ЭП предъявляются повышенные требования.

В авиационном вооружении используются ЭП разработанные еще в 60-70 годы прошлого века. В них применяются известные элементы и машины, зарекомендовавшие себя, как простые и безотказные устройства. Однако многие из этих устройств в наступившем веке уже морально устарели. Вместе с тем стали появляться современные аналоги этих устройств, выполняющие те же функции с большим эффектом.

Таким образом, в результате выполнения работы:

1. Разработан алгоритм расчёта исполнительного двигателя (ИД) постоянного тока ЭП электрической лебедки БЛ-56.

2. На основе проведенных расчетов определены необходимые параметры исполнительного двигателя ЭП электролебедки БЛ-56 и выбран ИД постоянного тока типа ДИ-700-6 с улучшенными характеристиками по мощности, скорости, КПД, моменту, массе, габаритам и другим основным характеристикам. Для данного ИД определено оптимальное передаточное число редуктора, требуемый вращающийся момент; произведена проверка выбора двигателя по скорости и моменту.

3. Сделан вывод, что для улучшения характеристик ЭП БЛ-56 необходима модернизация ЭП, и в частности замена ИД на предложенный в работе.

4. Даны указания по технической эксплуатации усовершенствованной системы электролебедок (СЭЛ) БЛ-56.

5. Представлены меры безопасности при работе с модернизированной СЭЛ БЛ-56.

Способ определения зависимости баллистических характеристик снарядов от условий стрельбы

Роговенко О.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ефанов В.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА»,
oleg.rogovenko@mail.ru

Появление современной вычислительной и измерительной техники нового поколения позволяет принципиально по-новому определять баллистические характеристики снарядов. Например, применения матрицы излучателей и фотоприемников с высоким быстродействием позволяет формировать в пространстве неконтактные измерительные поля, которые фиксируют свои характеристики при взаимодействии со снарядами, что позволяет с использованием математической обработки получить параметры движения снарядов относительно центра массы.

Известен способ определения баллистических характеристик снарядов заключающейся в формировании n измерительных полей в виде двухмерных сеток вдоль траектории полета снарядов, определении пространственных положений снарядов относительно измерительных полей на основе фиксации изменений конфигурации двухмерных лазерных сеток, определении углов нутации снарядов на основе сравнения текущих пространственных положений снарядов с эталонными значениями[1].

Недостатком данного способа, является невозможность определить влияние условий стрельбы на баллистические характеристики снарядов. В процессе применения оружия, возможны ситуации, обусловленные взаимным влиянием снарядов при стрельбе очередью, влиянием вибрационной составляющей, обусловленной воздействием совокупностью воздействий как обусловленных длительностью очереди, так и длительностью перерыва между очередью. Не учет данных факторов не обеспечивает получение полной достоверной картины о закономерностях влияния начальных условий стрельбы на баллистические характеристики снарядов.

Предложен способ определения зависимости баллистических характеристик снарядов от условий стрельбы, суть которого заключается в:

– формировании n неконтактных измерительных полей вдоль траектории полета снарядов в виде двухмерных лазерных сеток;

– регистрации пространственных положений снарядов на основе фиксации конфигурации измерительных полей при нахождении в них снарядов;

– определении условий стрельбы (режимов стрельбы как «одиночная стрельба» или «стрельба очередью», интервалов между очередями, длительности очереди);

– осуществлении записи данных о пространственных положениях снарядов и условиях стрельбы в блок памяти;

– определении зависимости баллистических характеристик снарядов от условий стрельбы вычислителем.

Предлагаемый способ позволяет повысить информативность и оперативность определения баллистических характеристик на основе использования вычислительной и измерительной техники нового поколения.

Литература

1. Пат. 2576333 Российская Федерация. Способ определения баллистических характеристик снарядов и информационно-вычислительная система для его осуществления. / Ефанов В.В., Мужичек С.М., Шутов П.В., Коростелёв С.Ю., опубл. 27.02. 2016 г.

Голосовое управление роботом-тьютором

Жданов А.А., Кордовер К.А., Самохвалов С.А.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Брехов О.М.
МАИ, каф. 304
s.samokhvalov@kaf304-mai.ru

Одним из перспективных направлений развития робототехники является разработка робота-тьютора, обеспечивающего интерактивное проведение занятий со студентами. Робот-тьютор реализуется на основе платформы робота для преодоления лабиринта, признанной победившей в Международном конкурсе на лучшую студенческую работу в области программирования систем на кристалле и микросхем программируемой логики.

При реализации робота-тьютора рассматриваются две задачи: голосового управления и ориентации в пространстве. В данном сообщении представлено решение задачи голосового управления.

Система голосового управления состоит из следующих подсистем: подачи и вывода звука, распознавания речи, воспроизведения речи, базы данных голосовых команд и пр.

Подача и вывод звука обычно осуществляется аналого-цифровым и цифро-аналоговым преобразователем соответственно и специальной программой связи.

Распознавание речи может выполняться следующими способами: простое сравнение записанного звука с готовым образцом; фрагментация записанного звука, нахождение вектора признаков для каждого фрагмента: спектра частот, мел-частотных кепстральных коэффициентов, интенсивности и динамики речи и др. – и сравнение усредненного вектора признаков с эталоном; фрагментация записанного звука, нахождение вектора признаков для каждого фрагмента и поиск наиболее вероятных цепочек соответствующих фонем с помощью скрытой марковской модели.

Соответствие команд и определенных им действий хранится в программно реализованной базе данных.

На практике система голосового управления была создана на базе аппаратной платформы Terasic DE1-SoC, включающей в себя процессор ARM, ПЛИС и встроенный аудиокодек. Программное обеспечение реализовано на процессоре. Вспомогательные модули управления аудиокодеком, буферизации звуковых данных реализованы на ПЛИС. При реализации были выбраны следующие параметры и методы: разбиение звука на фрагменты порядка 10 мс позволяет анализировать атомарные единицы речи – фонемы; быстрое дискретное прямое преобразование Фурье используется для быстрого нахождения спектра звукового фрагмента; очистка шума на основе фильтров низких и высоких частот и профиля шума позволяет улучшить спектр фрагмента; мел-частотные

кепстральные коэффициенты, динамика речи используются как основные признаки при сравнении из-за их близости восприятию звука человеком; алгоритм обнаружения голоса на основе сбора статистики фрагментов позволяет отсеивать полезный сигнал от шума и уменьшить нагрузку на процессор; акустическая модель на основе скрытой марковской модели, фонетический словарь позволяют использовать свойства языка, преобразовывать речь в наиболее вероятный текст.

Методология извлечения смысла из текста с формализованной структурой

Сибгатулин М.Р.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Ильин В.Н.
РадиоВТУЗ МАИ, каф. 44-1
kenken@inbox.ru

Автоматический анализ текстов как направление компьютерной лингвистики зародился в 1950-х года прошлого столетия и с того времени лингвисты, опираясь на правила письменной речи пытались создать универсальные методы обработки текста с целью извлечения знаний из них. Человек прочитав текст, может без труда выявить его главную идею и содержание, но человеку на это требуется некоторое время, если объём теста приемлемый. При больших объёмах текстовой информации человек не может эффективно её обработать из-за низкой скорости восприятия смысла текста и большой вероятности допустить ошибки в его понимании. Машина таких недостатков как низкая скорость и высокая вероятность ошибок, лишена, но для машины обработка естественного текста является трудной задачей.

В качестве решения этой проблемы можно вместо естественного текста использовать национальный языковый корпус – собрание текстовых документов со специальной формализованной структурой - разметкой. На данный момент у всех наиболее широко используемых языков мира есть свои национальные корпуса. Так, например, британский национальный корпус (British National Corpus by Oxford University) английского языка, созданный в начале 1980-х насчитывает около 100 млн. размеченных слов и словосочетаний, взятых из многочисленных и разнообразных источников: произведений литературы, поэзии, новостей, научных трудов и т.д. Корпус русского языка появился лишь в 2011 году и насчитывает всего около 700 тыс. размеченных слов. Однако даже такое малое количество размеченных слов можно использовать для обучения машины анализу текста и выявлению его смысла.

Сами тексты, входящие в состав корпуса, представлены в формализованном виде, где все слова и словосочетания размечены, благодаря чему можно подвергать их машинной обработке. Главной особенностью такого представления текста является то, что теперь у каждого слова появились свои атрибуты, которые характеризируют его и позволяют выделять на фоне других. Наличие таких атрибутов позволяет однозначно интерпретировать значение отдельного слова или словосочетания. На основе такой структуры можно создать метод, позволяющий автоматически выявлять смысл, заложенный в текст, а также выявлять закономерности в изменении языка с течением времени под влиянием внешних языков. Метод создаёт также возможность обучения машины определению логических несуразностей, таких как “плавающий топор” или “улыбающееся дерево”. Для человека не представляет трудности выявить логическую несуразность из-за её несоответствия здравому смыслу, но машина воспринимает текст как отдельные логически не связанные слова, что не позволяет ей уловить логическую противоречивость текста с, этими словами. Подход же с использованием национального корпуса позволит машине установить отсутствие логической связи между этими словами и тогда она уже сама, без вмешательства человека определит, что здесь допущена логическая ошибка.

На данный момент ведется разработка программы, которая автоматически определяет, каким членом предложения является слово, какой частью речи оно выражено, а также с какими словами оно наиболее часто встречается в тексте. Из такой схемы связи слов составляется уже конкретное множество употребляемых слов. На основе этих

множеств, можно сделать выводы о том, какую роль в данном тексте играет это слово. Множествами можно оперировать, том числе сравнивать слова, извлекая из этого информацию, например, устанавливая различия между смыслами слова “косой”, употребляемого в смысле “заяц” и “косой”, употребляемого в смысле “коса”. Задача различения смыслов слов-омонимов является на данном этапе наиболее важной и ведётся интенсивная работа над её решением.

Бифуркации в движении привода шагающей машины П.Л. Чебышева

Скворцова А.А.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Лебедев В.В.
МАИ, каф. 702
saa2509@mail.ru

Целью работы является математическое и численное исследование траектории движения привода шагающей машины П.Л.Чебышева на предмет плавности движения и выявления инерционных ускорений. Актуальность работы обоснована повышенным интересом к шагающим машинам как в тяжёлом машиностроении, так и в области медицины. В тяжёлом машиностроении шагающие платформы изучаются на предмет перспективного средства передвижения в тундре, Арктике и шельфовых областях. Освоение северных областей сейчас важно для разработки новых месторождений углеводородного топлива и с оборонной точки зрения. Медицина заинтересовалась шагающими механизмами для создания новых тренажёров, позволяющих ускорить реабилитацию пациентов с нарушениями движений опорно-двигательного аппарата.

Лямбдаобразный механизм П.Л.Чебышева позволяет получить траекторию движения точки, очень близкую к природной траектории движения стопы человека или животного. Эта траектория состоит из трёх основных участков.

Первым, главным, рабочим участком является нижняя часть траектории, очень близкая к прямолинейному отрезку. Конечно, получить точную прямолинейную траекторию с помощью четырёхзвенного рычажного привода невозможно – это доказал И.И.Артоболевский, для этого нужны более сложные семизвенные рычажные механизмы. Однако отклонения нижней части траектории от прямолинейного участка настолько незначительны, что ими часто пренебрегают. Закономерен вопрос о допустимости такого пренебрежения. Нагрузки на шагающий опорно-двигательный аппарат, например, человека, на 5-6 порядков меньше аналогичных нагрузок при движении современной плавучей платформы типа «Eiric Raude» водоизмещением более 50 тысяч тонн.

Второй участок – это дугообразная линия обратного движения шагающей опоры, переноса её вперёд относительно корпуса машины. Пренебрегать нагрузками на механизмы во время этого пассивного участки нельзя, потому что скорость движения, а значит и ускорения на переходном участке, повышены. В частности, в циклограмме шага среднестатистического человека дугообразный участок переноса стопы занимает в два раза меньше времени, чем рабочая прямолинейная траектория.

Третий участок связан с переходными процессами от первого участка ко второму участку. В природной траектории таких участков два, при постановке стопы на поверхность и при отрыве от поверхности. Эти участки имеют маленький радиус кривизны, что вызывает большие инерционные ускорения в приводе.

Для исследования инерционных нагрузок предложена математическая модель, основанная на геометрическом представлении движения рычагов в механизме. Оказалось, что три рычага, не считая неподвижного корпуса, в процессе своего движения ориентируются так, что приходится резко переходить от одного геометрического представления к другому. Например, треугольник вырождается в отрезок. Такие резкие переходы называются бифуркациями и связаны с резким изменением характеристик движения. Исследование точек бифуркации начато численными методами. Предложена модель движения стопы для рабочего участка и двух переходных участков, которые наиболее критичны, так как на них стопа работает при максимальных нагрузках. Начато изучение дугообразного верхнего участка.

Методика оценки опасности поражения самолёта-носителя осколками собственных авиационных средств поражения

Спирин В.В.
Научный руководитель – к.т.н. Скрынников А.А.
МАИ, каф. 107Б
spirin-vlad163@yandex.ru

На данный момент для выбора рационального противоосколочного манёвра пользуются руководящими документами, в которых опасная зона разлёта осколков рассчитывается по полученным данным с испытаний боевых частей (БЧ) в мишенной обстановке. Эта зона определяется максимальной высотой подъема лидирующего осколка, имеющего максимальную массу, скорость и минимальный коэффициент лобового сопротивления; максимальной дальностью разлёта; временем подъема лидирующего осколка на максимальную высоту; временем до его падения на землю. Рассчитанная область разлёта осколков представляет собой полуэллипсоид.

Таким образом определяются абсолютно безопасные условия применения авиационных средств поражения (АСП). В этом случае полностью исключается возможность попадания осколков в корпус самолёта-носителя. Но в реальных боевых действиях может произойти ситуация, когда лётчику придётся нарушить установленные нормы и пересечь абсолютно безопасную границу разлета осколков, например, в случаях преодоления ПВО или при применении АСП в условиях сложного рельефа местности. Поэтому целесообразно исследовать возможности применения АСП с малых и предельно малых высот и дать количественную оценку заданному противоосколочному манёвру самолёта в виде вероятности безопасного применения по некоторому критерию. В данной задаче целесообразно ввести критерии условной безопасности: исключение возможности попадания в самолёт-носитель осколков, способных пробить обшивку самолёта; исключение возможности поражения уязвимых агрегатов самолёта.

В состав математической модели боевого применения АСП в целях оценки безопасности при различных критериях необходимо иметь: расчётный блок динамики полёта самолёта-носителя; расчетный блок траектории движения АСП в зависимости от положения и вектора скорости самолёта в момент пуска или сброса; расчётный блок динамики осколочного поля при заданных условиях подрыва БЧ.

Расчёт динамики полёта самолёта и траектории движения АСП проводится путём решения системы дифференциальных уравнений (СДУ) и результат представляет собой координаты, скорости и положения в пространстве в дискретные моменты времени с заданным шагом интегрирования. Интерес представляет модель динамики осколочного поля. Она представляется в виде СДУ каждого отдельно взятого осколка, решаемая при случайных параметрах: массы, скорости, коэффициента лобового сопротивления, угла в плоскости бросания осколка, угла поворота плоскости бросания. Каждый случайный параметр осколка характеризуется некоторой функцией распределения, составленной эмпирически после сбора данных о подрыве АСП на полигоне.

Также важным является выбор математического описания поверхности, так как при статистических методах нахождения вероятности того, что при заданных условиях манёвр будет считаться безопасным по некоторому критерию, необходимо определять факт попадания рассматриваемого осколка в планер самолёта. Существует метод представления трехмерной модели объекта в виде полигональной сетки, где каждый полигон можно представить в виде треугольника. Тогда задача определения факта попадания сводится к тому, что необходимо найти точку пересечения треугольника с отрезком траектории движения осколка, представленной в виде ломаной и доказать принадлежность точки этому треугольнику и отрезку.

Таким образом, представленная методика позволяет оценить опасность поражения самолёта-носителя осколками собственных АСП при различных типах противоосколочного манёвра.

Разработка квадрокоптера на основе универсального микроконтроллера с применением алгоритма стабилизации полёта и изготовлением корпуса на 3D-принтере

Злобин К.Р., Спицина Е.С.
Научный руководитель – к.т.н., с.н.с. Быданов Н.А.
Филиал «Взлёт» МАИ, каф. А21
best-drone@mail.ru

Квадрокоптеры по своей сути схожи с вертолетами, но перемещение, поворот, наклон у них обеспечивается за счет синхронной работы четырех пропеллеров. Для того, чтобы стабилизировать полет квадрокоптера, два пропеллера вращаются в одном направлении (по часовой стрелке), а два - в противоположном направлении (против часовой стрелки).

Задачи проекта:

– Построение любительского квадрокоптера в условиях импортозамещения комплектующих и минимизации материальных затрат

– Обеспечение высокой ремонтопригодности за счёт разработки конструкции устройства из отдельных модулей

– Возможность работы без обязательной сертификации летательного аппарата

В качестве микроконтроллера используется плата Arduino Nano. Основным из устройств квадрокоптера является плата акселлерометр/гироскоп - MPU6050. Именно на основании её показаний формируется управляющий сигнал, который регулирует скорость вращения двигателей для обеспечения крена, перемещения или стабилизации квадрокоптера. Микроконтроллер считывает показания углов наклона с акселлерометра/гироскопа и передает сигналы на моторы - 0820 CorelessMotors, через транзисторную микросхему - ULN2003A, которая управляет нагрузкой. Питание осуществляется от литиевого аккумулятора на 3,7 В. Габариты квадрокоптера небольшие, так как моторы с относительно маленьким крутящим моментом. Данные моторы могут поднять до 55 грамм веса. Управление квадрокоптером осуществляется с помощью bluetooth – модуля HC-05 и смартфона на платформе Android с помощью программы Crazyflie Client, которая находится в свободном доступе. 3D моделирование корпуса осуществляется в лицензионной программе SolidWorks, а программирование микроконтроллера осуществляется в лицензионной программе Arduino.

Направление дальнейшей модернизации разработки:

– Увеличение грузоподъёмности на основе более мощных моторов

– Установка камеры и передача видеоинформации на расстоянии в режиме реального времени

– Замена bluetooth – модуля на небольшую антенну для увеличения радиуса полёта квадрокоптера

Искусственные нейронные сети и их применение в авиации

Титенина А.А.
Научный руководитель – преподаватель Картушина Н.В.
МАИ, каф. 704
anastasia.titenina@yandex.ru

Информационные технологии развиваются очень стремительно, и одно из самых современных и перспективных направлений – это разработка искусственного интеллекта, в частности, машинное обучение и искусственные нейронные сети.

Впервые такое понятие как "искусственная нейронная сеть" было сформулировано Уорреном Маккалоком и Уолтером Питтсом в 1943 году в статье о логическом исчислении идей и нервной активности. В 1948 Норберт Винер, ранее сотрудничавший с Питтсом, вместе с коллегами опубликовывает работу о кибернетике. В основе этой работы лежала идея о представлении сложнейших биологических процессов в виде математических моделей. И уже в 1949 Дональд Хебб предлагает первый алгоритм обучения.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – это компьютерная модель биологической нейронной сети, ее программное воплощение. Нейросеть имитирует структуру человеческой нервной системы – она состоит из взаимодействующих искусственных нейронов, принимающих, обрабатывающих и выдающих сигналы. Нейроны объединяются в слои, и чем больше слоев - тем более сложные задачи может решать нейросеть.

Но что делает нейросеть нейросетью, а не простым алгоритмом? Ее способность к самообучению. Благодаря этому свойству ИНС можно использовать для различных целей: распознавание образов, кластеризация, прогнозирование, анализ данных и т.д. Но самое главное направление применения: создание самообучающихся интеллектуальных систем для управления процессами и устройствами.

На сегодняшний день одной из самых актуальных проблем современного мира является большое количество авиакатастроф. Если принимать в расчет исключительно пассажирские авиаперевозки, то согласно статистике, за последние 6 лет больше всего несчастных случаев произошло в России. Решение данной проблемы лежит в разработке и применении нейросетей, что поможет существенно минимизировать их количество.

Подготовка высококвалифицированных пилотов является очень сложным и затратным процессом, к тому же, нельзя забывать про человеческий фактор – пилот может ошибиться. Правильно построенная нейросеть может стать “помощником”, способным отслеживать состояние самолета и изменение климата, и в критической ситуации указать оптимальные пути решения проблемы. Конечно, при повреждении конструкции нейронная сеть будет бесполезна, но предварительное сканирование ею самолета и выявление повреждений может предотвратить ужасную трагедию. Когда человеческие познания в математическом моделировании и кибернетике станут глубже, нейронные сети будут полностью контролировать состояние летательного аппарата и управлять полетом.

Необходимо понимать, что создание таких ИНС потребует много времени и больших усилий. Нейронная сеть должна научиться буквально всему - от управления самолетом при нормальных условиях до выведения лайнера из критических ситуаций, а особенно - эвакуации пассажиров. Также нужно быть готовыми к ряду протестов - люди боятся доверять свои жизни и жизни близких искусственному интеллекту, который в мировом искусстве не всегда представлен в дружественном свете. Поэтому создателям нужно будет позаботится и о моральном аспекте внедрения ИНС в авиацию.

Важно всерьез задуматься о запуске такого проекта. Несмотря на все трудности, с которыми придется столкнуться при разработке, результат может превзойти наши ожидания. Человеческие жизни этого стоят.

Формирование рационального облика боевого снаряжения управляемого авиационного контейнера

Черницкий Р.О.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Обносов Б.В.
МАИ, каф. 701
RomanChernitsky@yandex.ru

В настоящее время все больше внимания уделяется разработке управляемого авиационного кассетного оружия. За рубежом созданы и разрабатываются сравнительно недорогие образцы управляемых авиационных контейнеров (УАК), предназначенные для эффективного поражения групповых и площадных, подвижных и неподвижных объектов противника, а так же минирования местности. По сравнению с традиционными кассетными бомбами (РБК-500) и контейнерами малогабаритных грузов (КМГУ), такие АСП обладают целым рядом преимуществ: повышенной точностью, малой заметностью полета к цели, возможностью применения из-за пределов зоны действия средств ПВО противника, что обеспечивает выживаемость носителя и высокую эффективность выполнения боевой задачи.

Одной из главных особенностей данного класса АСП является необходимость поражать различные типы целей, что обуславливает наличие широкой номенклатуры

применяемых вариантов боевого снаряжения (БС). Разнообразие вариантов БС обеспечивается при применении в проектировании принципов модульности и унификации.

Исследования по данному направлению характеризуются недостаточно проработанным методическим аппаратом формирования вариантов боевой загрузки управляемого авиационного контейнера, расчета характеристик и оценки их эффективности.

В данной работе рассматривается методический подход к формированию рационального облика боевого снаряжения управляемого авиационного контейнера, а так же к оценке эффективности поражения площадных целей с использованием различных вариантов БС.

Боевое снаряжение является одним из определяющих элементов облика УАК, формирующих требования к составу и характеристикам основных подсистем контейнера. По результатам оценочного моделирования БС УАК можно получить примерные массово-габаритные характеристики АСП, а требования к расположению и выбросу суббоеприпасов определят основные требования к габаритам АСП и основные компоновочные решения. Требования по точности доставки контейнера в зону раскрытия для обеспечения эффективного накрытия цели определяют основные характеристики и состав системы управления и наведения УАК. Для решения задачи формирования рационального облика БС УАК необходимо сформировать математический аппарат и модель применения с учетом особенности многоцелевого назначения УАК.

Результатом работы станет методика формирования рационального облика боевого снаряжения основанная на модели применения кассетной боевой части по различным целям. Применение данной методики в будущем позволит сократить временные и денежные затраты на проработку имеющихся и формирование новых вариантов загрузки УАК.

Направление «Математические методы в аэрокосмической науке и технике»

Секция «Компьютерное моделирование и численный эксперимент»

Проведение исследования моделей турбулентности для определения аэродинамических характеристик цилиндро-конических тел

Аракелян Д.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Липницкий Ю.М.
МАИ, каф. ИТМСС
david.95.arakelyan@gmail.com

В настоящий момент создано большое количество разнообразных моделей для расчёта турбулентных течений. Они отличаются друг от друга сложностью решения и точностью описания течения. Но к сожалению, не существует универсальной модели турбулентности для широкого диапазона течений. Выбор модели турбулентности зависит от характера турбулентного потока, требуемой точности, доступных вычислительных ресурсов, и временных затрат необходимых на процесс моделирования.

Наиболее часто на практике и в промышленности используется класс моделей RANS (Reynolds-averaged Navier–Stokes) метод осреднения уравнений Навье-Стокса по Рейнольдсу (по времени) заключающийся в замене случайно изменяющихся характеристик потока (скорость, давление, плотность) суммами осреднённых и пульсационных составляющих. Применение осреднения по Рейнольдсу к уравнениям Навье-Стокса приводит к получению не замкнутых уравнений Рейнольдса. Замыкание этих уравнений (определение турбулентных напряжений) производится с помощью полуэмпирических моделей турбулентности.

В данной работе рассматривается задача численного моделирования обтекания модели HIFiRE (конус-цилиндр-юбка) с радиусом затупления носка 2.5 мм, с нулевым углом атаки и числом Маха набегающего потока M=7.19, давлением P_∞=4594 Па, температурой торможения T_0=22720 К. На поверхности модели задается фиксированная температура T_w=296K.

HIFiRE (Hypersonic International Flight Research Experimentation Program) – это международная научная программа, основной целью которой являются исследование и разработка технологий устоявшегося продолжительного гиперзвукового полёта. Возможность летать на гиперзвуковых скоростях может привнести революцию в высокоскоростные полеты на длинные дистанции, и обеспечить более эффективные и экономичные полеты в космос.

Для численного моделирования задачи обтекания модели HIFiRE в гиперзвуковом потоке использовалась открытая интегрируемая платформа вычислительной механики сплошных сред с открытым исходным кодом OpenFOAM (Open Source Field Operation And Manipulation CFD ToolBox) предоставляющая возможность моделирования турбулентных течений с использованием различных математических моделей.

В качестве моделей турбулентности класса RANS были выбраны модели SA (Spalart-Allmaras) и SST (Menter’s Shear Stress Transport). Для решения поставленной задачи была построена расчётная сетка с общим количеством расчетных ячеек ~4 млн. В качестве решателя выбран RhoCentralFoam использующий центрально-разностную схему Курганова-Тадмора.

В ходе работы проведен сравнительный анализ расчетных давлений, полученных с помощью моделей турбулентности SST и SA, с экспериментальными данными. В ходе анализа было выявлено хорошее совпадение модели SST с воспроизведением отрывной зоны в области перехода цилиндрической части к «юбке», представляющей наибольший интерес. Исследование показало, что модель SST является более точной и надежной для

данного класса задач. Однако обе модели показали заниженное давление на конце «юбки», что свидетельствует о том, что на данный момент не существует идеальной модели турбулентности хорошо описывающей течения широкого диапазона.

Математическое моделирование турбулентных течений, образующихся при обтекании летательных аппаратов

Быбочкин Д.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Кудимов Н.Ф.
МАИ, каф. ИТМСС
bybo4kindima@mail.ru

На сегодняшний день турбулентные течения, возникающие при обтекании современных летательных аппаратов, являются достаточно обширной и важной задачей авиационной промышленности. При этом ключевая проблема проявляется при возникновении воздушных вихрей в процессе обтекания корпуса самолета, а также их взаимодействии с несущими поверхностями и органами управления. Для того, чтобы верно решать поставленные практические задачи, точно моделировать нестационарные вихревые потоки, нужно знать, по каким закономерностям они развиваются, как распространяются в окружающей среде и взаимодействуют с обтекаемыми поверхностями. Стоит отметить, что у некоторых видов самолетов, летящих с высокой скоростью, в процессе эксплуатации могут образовываться сильные вибрации корпуса, что может привести к срыву обшивки самолета. Более того, возникающие скачки давления, оказывающие влияние на гибкую структуру летательного аппарата, образуют вибрацию корпуса, крыльев и прочих составляющих летательного аппарата, что приводит к колебаниям стабилизирующих и управляющих поверхностей. Следовательно, возникновение, распространение и взаимодействие турбулентных течений имеет важное значение для аэродинамических характеристик ЛА.

Для решения данной проблемы автором была поставлена цель – разработать основные методические решения, направленные на моделирование нестационарных турбулентных потоков с высокой точностью.

Автором проведено исследование изменения характеристик турбулентного потока и прохождения ударной волны. В данной работе параметры турбулентности определяются в рамках модели RANS. Основной идеей этой модели является замена характеристик набегающего потока (давление, плотность и скорость) их средними показателями. Главная проблема использования такой модели в том, что полученные средние значения характеристик являются довольно грубыми, что в итоговых расчетах может привести к неправильным результатам.

В работе проведен обзор других существующих моделей турбулентности (k-ε, k-w, LES, DNS и др.), отмечены их основные достоинства и недостатки.

Для решения задачи математического моделирования возникающей турбулентности автор использовал инструментарий OpenFOAM. Данный пакет является свободно распространяемым, эффективным и одним из самых известных, где применяются численные решения задач механики сплошных сред.

Благодаря полученным результатам по итогам проведенных исследований турбулентных потоков можно сделать вывод о наличии возможности использования способов численного моделирования для практического решения обширного круга различных задач современной авиации.

Созданные методики позволяют с высокой требуемой точностью моделировать турбулентные течения, возникающие при обтекании летательных аппаратов, а использование современных информационных технологий намного уменьшает время исследований.

По результатам исследования сделано заключение об уровне изменения турбулентных характеристик потока при прохождении ударной волны.

Учёт влияния основных элементов авиалайнера при определении аэродинамических нагрузок на крыло

Барановски С.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Михайловский К.В.
МГТУ им. Н. Э. Баумана, СМ-13
serg1750@mail.ru

В процессе проектирования крыла должно быть учтено множество различных факторов и особенностей, количество которых значительно возрастает при применении в конструкции современных полимерных композиционных материалов. При этом, в виду постоянно сокращающихся сроков и возрастающей сложности проектов, необходимо иметь чёткое представление о последовательности действий при разработке конструкции, значимости того или иного фактора на каждом конкретном этапе проектирования. Таким образом, универсальная методика должна облегчить и ускорить процесс проектирования.

Данная работа посвящена выбору нагрузок от скоростного напора на крыло на ранних этапах проектирования с учётом влияния различных факторов, как конструктивных – основные элементы авиалайнера (фюзеляж, двигатель), так и особенностей расчёта – размер расчётной области, размер элемента сетки конечных объёмов.

В работе рассматривается несколько вариантов элементов конструкции – крыло в составе авиалайнера, крыло с мотогондолой двигателя крепящейся на пилоне под ним, отдельно аэродинамическая поверхность крыла. При рассмотрении размеров расчётной области варьируемое расстояние от поверхности исследуемого объекта до границы изменялось от 3 до 30 длин хоры. В качестве объекта исследования было выбрано стреловидное крыло пассажирского авиалайнера с несимметричным аэродинамическим профилем. Расчёт проводился в программном комплексе Ansys 16 с помощью модуля CFX для выбранной высоты полёта в 11500 м, со скоростью 242 м/с.

В результате параметрического моделирования были получены и проанализированы значения давления по крылу, температуры в результате аэродинамического нагрева, характер обтекания крыла, временные зависимости продолжительности подготовки и проведения расчёта для различных рассмотренных вариантов. Различение между вариантом с наибольшим размером ячейки сетки конечных объёмов и наименьшим составило не более 10%. Аэродинамический нагрев для всех вариантов одинаков и составляет не более 20-40 °С, при этом, влияние струи газа от двигателя на крыло незначительно. Установлено, что на начальных этапах проектирования рационально использовать лишь аэродинамическую поверхность крыла. В данном случае, отличие составит не более 7-10%, а временные затраты снизятся на 15-20%. Для получения результата в кротчайшие сроки, загрубление сетки конечных объёмов позволит сократить время расчёта до 10 раз, а потеря в точности составит не более10 %. Учёт диффузора и двухконтурности двигателя на данном этапе проектирования на расчётные характеристики влияет незначительно, как при рассмотрении отдельно крыла (2%), так и всего авиалайнера (1,5%). Результаты будут учтены и использованы при составлении методики проектирования крыла из полимерных композиционных материалов на основе параметрического моделирования

Разработка и исследование системы самоуправления в группе БПЛА на базе метода молекулярной динамики

Бондаренко Д.С., Протасов В.И.
Научный руководитель – доцент, к. ф.-м. н. доцент Потапова З.Е.
МАИ, каф. 805
dmitrybondarenko1@mail.ru

Проблемы управления группой беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является актуальной, благодаря широкому спектру всевозможных миссий военного и гражданского назначения. Для построения движения группы БПЛА необходимо решить

ряд задач управления , а именно: безопасного расстояния между ними, обход преград, задание строя и перестройка при потере одного или более аппарата.

За основу построения алгоритма управлением движения БПЛА в пространстве был взят метод молекулярной динамики [1]. Каждый БПЛА представляется макромолекулой с заданной массой, на которую действует сила, определяемая следующим образом. Вектор данной силы равен сумме векторов всех сил, воздействующих на нее объектов. Сила, воздействующая на одну макромолекулу со стороны другой, определяется из модернизированного потенциала парного взаимодействия Ленарда-Джонса [2]. Управление БПЛА, построенное на основании этих законов, решает проблему контроля безопасного расстояния БПЛА между собой и от преград. Для контроля правильности производимых расчетов используется закон сохранения энергии.

Заданный строй БПЛА представляет собой регулярную решетку с квадратными ячейками. После обхода препятствия каждый из аппаратов стремится занять свое место в решетке, исходя из минимизации суммарного потенциала взаимодействия. При потере одного аппарата его место занимает другой таким образом, чтобы всегда поддерживалась компактная группировка. Расчеты проводятся каждым БПЛА независимо друг от друга, при этом их положения и скорости считаются известными. Таким образом, в системе осуществляется самоуправление движением и самоорганизация при восстановлении строя децентрализованно. Решение этих и других проблем в перспективе позволит создать управление (самоуправление) в группе БПЛА, при этом она будет способна выполнять различные миссии без управления с Земли в режиме радиомолчания.

Использование и модификация методов решения ОДУ с начальным условием для моделирования полёта летательного аппарата

Бородин И.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Кобко Г.Г.
МАИ, каф. 608
iibbdd@yandex.ru

Общепринятый подход к моделированию движения летательного аппарата сводится к составлению систем дифференциальных уравнений, описывающих изменение параметров полета под воздействием действующих на аппарат сил, и решение этой системы с помощью численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) с начальным условием.

Всё множество численных методов решения ОДУ с начальным условием можно поделить на одноступенчатые и многоступенчатые. Для тех и других применяется также деление на явные и неявные. Неявные методы требуют на каждом шаге интегрирования итерационных вычислений, так как используемая в их расчетных формулах производная функции последующего шага ещё не известна. В качестве упрощенного варианта итерационной схемы неявных методов разработаны так называемые методы прогноза и коррекции, в которых на каждом шаге используется только две уточняющие итерации - первая по явной, вторая по неявной формулам, а дальнейшее повышение точности достигается уменьшением шага интегрирования.

На определенном этапе выяснилось также, что многие точные высокоэффективные методы из обеих групп не пригодны для решения так называемых жестких задач. К жестким относятся задачи, содержащие в правых частях как медленно, так и быстрорастущие составляющие, а также системы ОДУ, полученные из дифференциальных уравнений более высоких порядков путем введения дополнительных переменных. При подходе к областям высоких градиентов таких задач многоэтапные и многоступенчатые методы снижают точность или дают неправильное решение (теряют устойчивость). Проблема жестких задач привела, в частности, к необходимости искать замену классическому методу Рунге-Кутты, долгое время являвшемуся основным инструментом решения прикладных технических задач, описываемых системами ОДУ.

Данное обстоятельство потребовало изучения устойчивости различных групп методов и разработке расчетных схем и методов решения жестких задач. Оказалось, что:

1) большей устойчивостью обладают неявные методы, 2) увеличить устойчивость можно уменьшением шага, 3) возможен анализ устойчивости и уменьшение шага непосредственно в процессе решения (схемы и методы с переменным шагом).

Многообразие способов полета летательных аппаратов предполагает возможность наличия определенных режимов, при которых задача моделирования движения ЛА будет жесткой. Это приводит к необходимости тщательного выбора метода решения систем ОДУ, описывающих полет ЛА, в том числе с учетом указанных выше проблем.

Целью проведенных исследований являлся поиск методов решения ОДУ с начальным условием, обладающих высокой устойчивостью, а также удобством при решении систем ДУ, описывающих полет летательного аппарата.

Предлагаемый в работе подход к моделированию полета ЛА, обладающего свойствами жесткой задачи, сводится к применению неявных методов решения с заменой итерационных расчетов приближенного значении производной следующего шага интегрирования её вычислением с помощью рассчитанной численным образом второй производной. Возможность применения такого подхода исследовалась посредством модернизации ряда неявных многоступенчатых методов и использовании их при моделировании полета ЛА с релейным способом наведения. Проведенные численные эксперименты показали высокие устойчивость и точность полученной указанным способом модификации четырехступенчатого метода Гира.

Акисиальносимметричная задача оптимизации сопла ТРДД с раздельным истечением

Востриков Н.С.
Научный руководитель – доцент, д.ф.-м.н. Мышенков Е.В.
МАИ, каф. 211Б
vosstrikov@gmail.com

В настоящее время для повышения экономичности перелетов в мировой гражданской авиации применяются двигатели с большой степенью двухконтурности (m>8), что, в свою очередь, привело к применению выходных устройств (ВУ) с раздельным истечением.

Современные ВУ имеют высокие значения коэффициента тяги, поэтому добиться значительного увеличения тяги путем оптимизации их геометрии является сложной задачей. Однако возможность увеличения тяги двигателя даже на доли процента за счет изменения геометрии выходного устройства заслуживает внимания, так как это приведет к увеличению топливной экономичности двигателя.

Методом численного моделирования исследованы зависимости тяговых характеристик ВУ ТРДД с раздельным истечением потоков с высокой степенью двухконтурности от характерных параметров его геометрии: угла уклона затурбинного конуса α_1 в диапазоне 14-24°, угла уклона конуса обтекателя газогенератора α_2 в диапазоне 11-20°, длины l в диапазоне 0.7-1.7r. В качестве исходной геометрии была выбрана геометрия выходного устройства мотогондолы с углом α_1 — 18°, углом α_2 — 15°, длиной обтекателя газогенератора l — 0.92r при характерном размере радиусе верхней кромки сопла наружного контура. Форма мотогондолы оставалась фиксированной, ширина сопел обоих контуров в ходе расчета подстраивалась под заданные расходы. Вследствие ограничений математической модели влияние пилона не учитывалось. Целевой функцией была тяга двигателя.

Исследование проведено путем численного моделирования течения турбулентной смеси 2 газов (воздуха и газа из газогенератора) с различными показателями адиабаты в аксиально-симметричном приближении вокруг изолированной мотогондолы двигателя на режиме крейсерского полета (M=0.8) в рамках двумерных уравнений Рейнольдса с моделью турбулентности Спэларта-Аллмараса.

Для каждого из варьируемых геометрических параметров в исследованном диапазоне существуют геометрии выходного устройства, при которых тяга двигателя больше исходной тяги двигателя. Установлено, что увеличению удельной тяги

способствует увеличение угла затурбинного конуса α_1, угла обтекателя газогенератора α_2 и его длины l. Рост параметров α_2 и l приводит к уменьшению общей длины ВУ, а также к уходу затурбинного конуса под обтекатель газогенератора. Указанные зависимости полностью подтверждаются и в рамках геометрии с закапотированным затурбинным конусом.

Установлено, что в рассмотренном диапазоне параметров задачи максимальной удельной тягой обладает ВУ с закапотированным затурбинным конусом с параметрами: $\alpha_1 = 18°$, $\alpha_2 = 18°$ и $l = 1.13r$, при котором удельная тяга увеличивается на ~0.75%, длина уменьшается на ~0.76r. Среди геометрий с открытым затурбинным конусом максимальную тягу имеет ВУ с параметрами: $\alpha_1 = 18°$, $\alpha_2 = 18°$ и $l = 1.1r$ с увеличением удельной тяги на ~0.7% и уменьшением длины на ~0.7r. На основе установленных тенденций, полученных 2D-моделированием, можно сделать вывод, что в пренебрежении пилоном и интерференцией с крылом форма выходного устройства с закапотированным затурбинным конусом имеет преимущество по тяге над формой с открытым конусом.

Компьютерное моделирование работы подшипника скольжения промежуточной опоры редуктора

Дмитриев С.Ю., Комаров О.А., Мербаум В.Г.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Новиков Д.К.
Самарский университет, каф. КиПДЛА
D.S.93@mail.ru

Ввиду сложности обеспечения требуемого ресурса подшипниками качения, в редукторе современного авиадвигателя целесообразно переходить к использованию гидродинамических подшипников скольжения, которые имеют ряд преимуществ. Подшипники скольжения применяют во многих отраслях техники. Обычно их используют в тех случаях, когда применение подшипников качения невозможно или нецелесообразно:

- для валов изделий, работающих с ударными и вибрационными нагрузками;
- для валов высокоскоростных машин;
- для устройств повышенной точности;
- в тихоходных машинах;
- бытовой технике;
- в приборах с малыми диаметрами валов и осей;
- в машинах, работающих в воде и агрессивных средах;
- для валов больших диаметров (валы гидротурбин, валы прокатных станов и др.);

На заводе ПАО «КУЗНЕЦОВ» была разработана методика аналитического расчета подшипника скольжения, которая успешно подтвердилась испытаниями в составе опор промежуточных шестерён редуктора. В результате выявлены следующие преимущества использования такого типа подшипника:

- обеспечение достаточно продолжительного ресурса;
- меньшие габариты и масса опор и редуктора с подшипником скольжения;
- меньшая акустическая эмиссия в подшипнике скольжения;
- большая демпфирующая способность при циклических и ударных нагрузках в подшипниках скольжения;

Для более глубокого изучения процессов, происходящих в ходе работы подшипника, была построена конечно-элементная модель подшипника. Расчеты производились в программном комплексе «ANSYS» с учетом вращения, нагрузки, эксцентричности зазоров, зон кавитации и турбулентности, а также заданием других параметров, определяющих работу подшипника. В качестве граничных условий были заданы расход на входе, а также параметры рабочего тела подшипника.

Таким образом, была получена эпюра распределения давлений, появилась возможность узнать значения параметров потока в различных точках подшипника и посмотреть линии тока рабочего тела. Полученные в результате моделирования параметры сравнивались со значениями проведённых ранее экспериментов и

аналитических расчётов. Разработанная математическая модель позволяет, изменяя входные параметры в модели подшипника, с достаточной точностью прогнозировать его поведение на различных режимах работы, а также оптимизировать работу подшипника, внося конструктивные изменения.

Методика оптимизации с помощью множителей Лагранжа основных элементов в отказоустойчивых системах

Дроздов С.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Рубинов В.И.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 92
rubinov777@mail.ru

На этапе проектирования сложного изделия введение структурной избыточности является одним из простых и достаточно эффективных методов повышения надежности его отказоустойчивых систем. Можно получить сколь угодно высокую надежность отказоустойчивой системы путем неограниченного введения числа резервных элементов. Однако на практике существует ряд ограничений по стоимости, массе, объему и т.д. отказоустойчивой системы. Поэтому при резервировании отказоустойчивой системы возникает задача не только обеспечить требуемые показатели надежности, но и добиться этого как можно более экономично, т.е. с наименьшими суммарными затратами на резервные элементы для системы в целом, либо при заданных ограничениях по стоимости, массе, объему и т.д. достичь максимально возможной ее надежности. Поэтому актуальной является задача получения максимально возможной надежности отказоустойчивой системы при заданных ограничениях.

При этом различают два класса задач:

1. Прямая задача, когда требуется получить максимально возможную надежность отказоустойчивой системы при заданных ограничениях (стоимость, масса, объем и т.д.).

2. Обратная задача, когда требуется получить минимально возможную стоимость, массу, объем и т.д. отказоустойчивой системы при заданной надежности.

Поставленные задачи решаются с помощью метода Лагранжа, в предположении, что структурная схема рассматриваемой отказоустойчивой системы представляет собой последовательное соединение состоящее из n основных элементов.

Следовательно, решение прямой задачи сводится к определению значения неопределенного множителя Лагранжа β, затем дополнительного параметра α и числа резервных элементов, при которых надежность резервируемой системы при заданном ограничении по стоимости будет максимальной.

Решение обратной задачи сводится к определению значения неопределенного множителя Лагранжа β, затем дополнительного параметра α и числа резервных элементов при которых стоимость резервированной системы при заданном ограничении по надежности будет минимальна.

Разработанный программный модуль, на основе вышеизложенного подхода, позволяет выполнить расчет оптимального количества резервных элементов для каждого основного элемента при:

– заданном ограничении на стоимость резервированной системы и при условии обеспечении максимально возможной надежности системы (прямая задача).

– при заданном ограничении по надежности системы и при условии обеспечения минимально возможной стоимости резервированной системы (обратная задача).

– В результате расчета программный комплекс позволяет определить:

– надежность каждого основного элемента на планируемом периоде времени;

– оптимальное количество резервных элементов для каждого основного элемента;

– стоимость резервированной системы, которая не превышает заданную стоимость;

– максимально возможную надежность резервированной системы;

– минимально возможную стоимость резервированной системы.

Программный модуль автоматически изображает исходную структурную схему отказоустойчивой системы и резервированную структурную схему по результатам выполнения расчетов.

Методика определения межконтактного объема и пятен фактического контакта соприкасающихся поверхностей энегроустановок

Ежов А.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Меснянкин С.Ю.
МАИ, каф. 204
ezzhov@gmail.com

Проектирование современных энергоустановок практически всегда сопровождается предварительными тепловыми и прочностными расчетами всего изделия. Достоверное знание теплонапряженных зон позволяет разработчикам на этапе проектирования снизить тепловые потери, связанные с контактными явлениями в узлах соприкосновения деталей. Состояние шероховатости поверхности, наличие заполнителя и их достоверное представление в расчетах во многом определяет эксплуатационные свойства деталей конструкций.

В большинстве случаев, шероховатость поверхности моделируется аналитически, применяя различного вида допущения и упрощения. Микрорельеф визуализировался в виде различных геометрических форм, в виде одиночного соединения сферических или конических выступов, периодически повторяющихся волн. Практически все эти решения не принесли качественно новых решений из-за наличия различных аналитических коэффициентов подходящих только для специфических условий контактирования.

Расчет фактической площади контакта весьма важен для многих технических приложений контактной механики. Именно на площадках фактического контакта происходят процессы адгезионного и фрикционного взаимодействий; локальное разрушение поверхностей, оксидных пленок, перенос электрического заряда и тепловой энергии. При этом проведение экспериментов с целью определения площади контакта и величины сближения достаточно трудоемки и не дает весьма ясного представления о величине сближения, плотности контакта и объеме зазора в стыке. Данная задача наиболее полно может быть решена объёмном виде.

Для построения трехмерных моделей шероховатых поверхностей необходимо располагать параметрами их микрогеометрии. На их основе производится моделирование реальной шероховатой поверхности набором выступов, имеющих правильную геометрическую форму и распределенных по высоте так, чтобы распределение материала модели соответствовало распределению материала реальной шероховатой поверхности. В настоящее время микрорельеф поверхности контакта определяется в основном по характеристикам профиля. Для этого созданы приборы и разработаны методики обработки профилограмм. Однако, анализ микрорельефа поверхностей продолжает представлять существенные трудности даже при применении предназначенных для этого трехмерных профилографов. Одним из выходов в этой ситуации является создание трехмерной модели шероховатой поверхности, наиболее близкой к реальной, с использованием модели для дальнейших расчетов характеристик контакта с учетом различных подходов.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет максимально точно перевести параметры шероховатой поверхности в трехмерный вид, пригодный для расчета, что в свою очередь ведет к уточненному определению контактных пятен и фактических площадей и межконтактного объема и позволяет проводить анализ контактных явлений с любым наполнителем в пределах одной расчётной модели.

Компьютерная модель динамики весельного экипажа

Ешелькин Д. А.
Научный руководитель – профессор, д. ф.-м. н. Косенко И.И.
МАИ, каф. 802
krysav79@yandex.ru

Весельным экипажем будем называть механическую систему, состоящую из корпуса лодки, пары весел, закрепленных на её бортах при помощи сферических шарниров, и гребца, чья энергия расходуется при движении экипажа. Главная проблема здесь — при виртуальном прототипировании построить адекватную модель системы управления движением экипажа. Заметим, что в данном примере система управления реализуется при помощи движений гребца. Очевидно, что эти движения носят характер периодических качаний корпуса гребца. Уточним описание модели экипажа и мотивов выбора упрощающих предположений.

Прежде всего, отметим, что корпус лодки совершает плоскопараллельное движение в вертикальной плоскости, проходящей параллельно линии водной дорожки, вдоль которой движется экипаж. Масса воды в водоеме предполагается покоящейся, а её уровень соответствует координате $y = 0$ инерциальной системы координат, связанной с берегом. Ось x этой системы направлена вдоль дорожки в сторону движения экипажа.

Таким образом, в проектируемой модели из рассмотрения исключаются все вращательные движения, кроме килевой качки. Центр масс лодки совершает движение в упомянутой выше вертикальной плоскости. Более того, заметим, что по построению эта плоскость является плоскостью симметрии не только корпуса лодки, но и всего экипажа в целом.

Предполагается, что на корпус лодки действуют следующие силы: 1) сила тяжести (приложена в центре масс); 2) выталкивающая сила Архимеда (точка приложения вычисляется динамически с учетом качки); 3) реакции со стороны весел (приложены в точках крепления весел к корпусу); 4) реакция со стороны гребца (приложена в условной точке корпуса).

Уравнения движения для корпуса лодки предполагают решение прямой задачи динамики — вычислить движение твердого тела при заданных силах, действующих на него.

В противоположность предыдущему динамические уравнения движения каждого из весел предполагают решение так называемой полуобратной задачи. Именно, для движения центра масс весла решается, в общем случае, прямая задача, а для уравнений вращательного движения, относительно кениговых осей, формулируется обратная динамическая задача. При этом поворот весла задается при помощи предопределенных функций времени — углов сферической системы координат.

На весло действуют следующие силы: 1) сила тяжести; 2) реакция в точке крепления весла к корпусу лодки; 3) сила сопротивления воды в средней точке лопасти весла. В результате виртуального прототипирования вычисляется сила, приложенная к рукоятке весла и обеспечивающая требуемое программное движение.

Для корпуса гребца снова решается прямая задача динамики. Здесь действуют следующие силы: 1) сила тяжести; 2) реакция со стороны рукояток весел (реализуется как реакция сервосвязей); 3) реакция со стороны корпуса лодки.

Были проведены вычислительные эксперименты, показавшие «натуральность» и «физичность» работы построенной модели.

Иерархическое построение компьютерной модели колесного экипажа

Евкарпиев Д.Д.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Косенко И.И.
МАИ, каф. 802
usus6@yandex.ru

Рассматривается методика последовательной сборки (сборочной иерархии) при построении компьютерной модели (виртуального прототипа) колесного экипажа. В качестве примера в данном случае рассматривается модель скейтборда. В случае колесного экипажа первичному уровню сборки соответствуют элементы качения между колесами и поверхностью дороги. В качестве колеса в нашем случае используется тонкий диск. Динамика отдельного диска — это хорошо известная задача классической механики. Такую модель легко подвергнуть процедуре верификации.

На следующем уровне сборочной иерархии находится сборка колеса (диска) и стержня — оси будущей колесной пары. В результате получается модель маятника с подвижной точкой подвеса, располагающейся на ребре колеса. Модель колесной пары получится, если сборку предыдущего этапа соединить с еще одним колесом. При этом в случае жестких креплений колес с валом получится статически неопределимая модель (вдоль оси вала). Чтобы избежать этой неопределимости вводится податливость вдоль оси колесной пары для одного или обоих колес. Податливость должна иметь достаточно большую жесткость, чтобы обеспечить приемлемое качество динамической модели колесной пары.

Сборка колесных пар и корпуса экипажа выполняется при помощи моделей твердотельных цилиндрических шарниров. При этом снова может возникнуть статическая неопределимость, требующая дополнительных податливостей внутри самого корпуса. Подключение модели корпуса экипажа еще не завершает процесс его сборки. Для создания модели, обеспечивающей физическую аналогию с реальным прототипом необходимо в состав механической системы подключить также модель райдера («наездника»). Для простоты и определенности эту модель можно представить в виде твердого тела цилиндрической формы, установленного на плоскости доски скейтборда перпендикулярно этой плоскости.

С построенной динамической моделью экипажа проводились разнообразные вычислительные эксперименты. В частности, рассматривались режимы прямолинейного движения экипажа с различными позициями расположения райдера. Оказалось, что если райдер расположен «перед» центром масс доски, то прямолинейное движение экипажа устойчиво продолжается неограниченно долго. Если же райдер расположен «позади» движущегося центра масс, то движение устроено иначе. Именно, после кратковременного участка прямолинейного движения начинаются раскачивания экипажа таким образом, что в конце концов вся кинетическая энергия поступательного движения перейдет в энергию колебаний. Оказалось, что после остановки экипажа начинается разгон его прямолинейного движения, но в обратном направлении. При этом энергия упругих колебаний перейдет в кинетическую энергию прямолинейного движения, а райдер в этом случае будет находиться «впереди» центра масс. Такое движение будет, как было замечено выше, длиться неограниченно долго. Указанное свойство движения скейтборда было независимо получено ранее при помощи аналитических средств.

Использование рецепторных геометрических моделей для обеспечения зон обслуживания оборудования летательных аппаратов

Е Вин Тун
Научный руководитель – проф., к.т.н. Маркин Л.В.
МАИ, каф. 904
yewintun590@gmail.com

При проектировании, изготовлении и обслуживании авиационной и космической техники, отличающейся высокой плотностью компоновки, является актуальной задачей

обеспечение зон обслуживания размещаемого оборудования. Оно необходимо не только для того, чтобы обеспечить нормальные условия монтажа-демонтажа и обслуживания размещенной техники, но и ее нормального функционирования.

До недавнего прошлого решение этого вопроса осуществлялось натурным моделированием, при котором создавался физический макет проектируемого изделия, после чего группа специалистов решала, насколько удачной оказалось компоновка оборудования. При очевидной наглядности этого метода его использование связано с большими затратами времени и материальных ресурсов на физическое моделирование. Поэтому актуальной задачей является компьютерное моделирование процесса обслуживания размещенного оборудования в технических отсеках летательных аппаратов.

Для решения поставленной задачи использовать рецепторную модель, к преимуществам которой относится поразительно простое определение условие взаимного пересечения объектов. Если с помощью монтажного инструмента нам необходимо совершать вращательные движения, то при компоновке мы должны обеспечить пространство не только для самого инструмента, но и для рабочих зон, необходимых манипуляций с ним. Таким образом, в процессе автоматизированного проектирования компонуются не только монтажные инструменты, но и траектории его доставки к месту использования, а также огибающая всех мгновенных положений инструмента в процессе его работы.

Возможности рецепторных моделей для обеспечения зон обслуживания пока в наименьшей степени исследованы. Это связано со сложностью формированием эвристик, формирующих возможные траектории доставки инструмента в зону их использования. Решение этих вопросов требует продолжения исследований, так как задача формирования траектории доставки инструмента к месту использования, а также выполнение им рабочих движений не имеет однозначного решения.

Применение САПР для компьютерного моделирования режимов технологии производства элементов конструкций летательных аппаратов

Краснов А.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Астапов В.Ю.
МАИ, каф. СМиИГ
smig@mati.ru

Работа посвящена проблеме, незаменимой при производстве элементов конструкций летательных аппаратов, а именно выполнению соединений трубчатых заготовок авиационной техники магнитно-импульсным деформированием одной из деталей. В ходе работы проводится исследование возможности САПР для моделирования соединений магнитно-импульсной обработкой при различных физических качествах и геометрических параметрах соединяемых деталей.

В конструкциях летательных аппаратов (топливная система, гидросистема, противообледелительные устройства, вентиляция и отопление и др.) обширно используются жидкости и газы в виде носителей энергии, охладителей, смазочных материалов для обеспечения жизнедеятельности экипажа и пассажиров, в результате чего появляется необходимость в трубопроводных системах.

Довольно серьёзные требования предъявляются к соединениям трубопроводов: необходимо минимизировать массу, обеспечить высокую герметичность при любых условиях эксплуатирования, необходима высокая вибропрочность, также при сохранении герметичности способность выдерживать требуемое количество циклов работы, технологичность изготовления и обеспечить взаимозаменяемость. Эти требования определяют, прежде всего, материал, который выбирают в зависимости от рабочих параметров: давления, температуры, состава рабочей жидкости и внешней среды, диаметра, толщины стенок трубы, необходимой точности стыковки трубопроводов при монтаже, числа циклов при эксплуатации, допустимой негерметичности и вида соединений трубопроводов.

Компьютерное моделирование применяется на всех стадиях освоения и проектирования новых технологических процессов, не исключая производство прочных и герметичных соединений трубопроводов из неоднородных и однородных материалов в промышленном производстве.

В результате моделирования появляется возможность реально определить эффективные, с точки зрения качества соединений, режимы деформирования трубчатых конструкций для образования требуемых параметров в холодном состоянии в области контакта, меняя значение давления импульсного магнитного поля для выполнения соединений трубчатых заготовок.

Проведенный анализ систем САПР позволил определить, что наиболее подходящим и удобным для применения является Autodesk Inventor, т.к. в системе есть полнофункциональные инструменты модуля «Трубы и трубопроводы» для проектирования трубопроводных систем. Данный модуль предоставляет проектировщикам возможность использовать библиотеку изделий, таких как жесткие трубопроводы с фитингами, гнутые трубы и гибкие шланги. Таким образом, модуль «Трубы и трубопроводы» является важным дополнением и расширяет функциональность Autodesk Inventor в области моделирования трубопроводных систем и позволяет разрабатывать проекты сложных изделий за короткое время.

В процессе выполняемой работы было проведено твердотельное моделирование деталей трубопроводов с использованием среды проектирования Autodesk Inventor, позволяющей отработать режимы сборки трубчатых заготовок с нужными формами поверхностей, размерами деталей и заданными физическими характеристиками.

Построение системы вложенных поверхностей для численного решения уравнения Грэда-Шафранова

Кацман Н.И.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Баженов А.Н.
СПбГПУ, каф. ПМ
katsman96@yandex.ru

Термоядерная энергетика – одна из возможностей обеспечения человечества недорогой «чистой» энергией. Токамаки – термоядерные реакторы, на которых проводится исследование построения заводов по производству термоядерной энергии, «Глобус-М» - единственный в России сферический токамак, малая модель международного реактора ИТЕР. Восстановление параметров плазмы в объеме реактора обязательно для понимания работы токамак и управления его режимами. Восстановление параметров плазмы в объеме реактора требует знания топологии поверхностей постоянного значения магнитного потока. В общем случае для ее решения необходимо решить задачу магнитостатики, решив систему уравнений магнитостатики Грэда-Шафранова. Для ее решения нужно построить систему вложенных поверхностей, топология которой должна соответствовать решению уравнения. Эта задача вычислительно весьма сложная, поскольку уравнения имеют неявный вид. Для исследования возможности построения собственного кода на первом этапе необходима проверка свойств поверхностей, построенных популярным кодом Spider разработки ИПМ им. М.В.Келдыша.

Традиционно для построения первого приближения используется аналитическая параметризация поверхностей равного магнитного потока. Внутренние поверхности строятся, исходя из данных о последней замкнутой внешней поверхности магнитного потока – сепаратрисы, которая считается границей плазмы. Предполагается, что плазма имеет тороидальную симметрию. Вложенные поверхности параметризуются на основе представления о D-образной деформации тора с сечением типа «треугольный» эллипс, асимметричный относительно плоскости экватора.

Такая параметризация реально соответствует описанию формы поверхности в полярных координатах тригонометрическими функциями, зависящими от единичного и двойного аргумента полярного угла, отсчитанного от магнитной оси плазмы. Такой

подход недостаточен для типов разряда с двумя X-точками и при переходе X-точки через экваториальную плоскость. Кроме того, при построении вложенных поверхностей методами дифференциальной геометрии возникают артефакты в области особых точек эллипсов.

В качестве естественного обобщения параметризации вложенных поверхностей предложено использовать эллиптические функции. Такой подход позволит расширить возможности описания разных видов кривых.

План исследования включает решение модельных задач на основе данных из базы данных «Глобус-М» и моделирование границы плазмы для типичного набора разрядов. Вычисление параметров вложенных областей на начальной сетке планируется провести следующим образом: треугольность и вытянутость вычислять по сепаратрисе, а сдвиг магнитной оси - по данным Томсоновского рассеяния в экваториальной плоскости.

В качестве проверки этого метода предполагается выполнить сравнение полученных таких образом поверхностей с известными аналитическими решениями уравнения Грэда-Шафранова и численными решениями кодом Spider для разрядов на токамак «Глобус-М».

Разработка программного обеспечения для графического отображения адаптированной триангуляции Делоне на движущемся фронте ударной волны

Кулич П.
Научный руководитель –
к.ф.-м.н. Кудимов Н.Ф.
МАИ, каф. ИТМСС
kunperooo@gmail.com

Существование ударных волн – одно из важнейших свойств сверхзвукового потока. В данной области происходит рост таких физических свойств как: энтропия, температура, плотность и давление, а также быстрое уменьшение скорости. При моделировании сверхзвукового потока именно область ударной волны имеет значительную роль в процессе. Конструирование расчетной сетки требуется в большинстве методов, применяющихся для решения газодинамических уравнений. При моделировании течений жидкости и газа вокруг тел со структурой произвольной сложности, точность аппроксимации дифференциальных уравнений непосредственно зависит от построения расчетной сетки. Среди расчетных сеток выделяют два основных вида:

Структурированные – содержат множество упорядоченных наборов точек в пространстве. Использование структурированных сеток уменьшает время вычислений, но требует больших компьютерных мощностей. Одним из главных преимуществ является сохранение канонической структуры соседей для каждого узла.

Неструктурированные – содержат сеточные узлы, произвольно расположенные в расчетной области. У данного вида сеток отсутствуют сеточные направления и отсутствует строгая модель строения, в сравнении с регулярными сетками. Для трехмерного пространства множество точек составляют многогранник, а для двухмерного, многоугольник произвольной формы. Как правило, в роли многоугольников выступают треугольники, а для пространственных вычислений используются тетраэдры. Чаще всего, создание нерегулярных сеток обходится только этими геометриями. По одному множеству узлов есть возможность построить триангуляцию разными вариациями. Необходимо обратить внимание на то, что при любом способе, в результате получается одинаковое число треугольников. В следствии этого возникает задача оптимизации триангуляции по особым критериям. Главный критерий состоит в том, чтобы полученные треугольники были близки к равносторонним. Стремление результирующих треугольников к равносторонним, является главным критерием. Еще один важный критерий заключается в малой разности площадей между прилегающими треугольниками. Триангуляция Делоне является особым видом триангуляции, которая характеризуется рядом свойств. Она максимизирует минимальное значение внутренних углов

треугольников, то есть данные треугольники стремятся к равноугольным. В результате построения создается оптимальная дискретизация расчетной области по заданному набору узлов. Триангуляция Делоне широко распространена при конструировании схем конечных элементов.

Предметом исследования данной работы является изучение и оптимизация алгоритмов на основе критерия Делоне для динамического перестроения расчетной сетки в области фронта ударной волны и вблизи особенностей геометрии.

Практическая значимость: В рамках данной работы разрабатывается программное обеспечение с графическим интерфейсом, использующее иерархическую структуру данных для динамической генерации расчетной сетки на основе триангуляции Делоне при моделировании движения фронта ударной волны. Разработанный функционал позволит подробно изучить результирующую расчетную сетку в любой момент времени с учетом помещенной в расчетную область сложной геометрии.

Дискретная модель жидкости в исследовании многофазных процессов течений газа

Кудимов Н.Ф., Рухлов Н.А.
Научный руководитель – профессор, к.ф.-м.н. Пунтус А.А.
МАИ, каф. 803
ruhlovnikita@mail.ru

В моделировании газодинамических процессов существуют задачи с применением модели многофазной среды. В зависимости от специфики процесса может использоваться несколько подходов для описания фаз и их взаимодействия. При каждом подходе учитывается характер рассматриваемого процесса. В случае связанном с моделированием быстропротекающих процессов и процессов с большими градиентами скорости, давления и температуры, процессов с неравномерным распределением фаз, примером которого является моделирование струй ракетных двигателей с использованием систем подачи воды, требуется использовать узконаправленный подход, который будет достоверным в данных условиях. Также требуется рассматривать модель учитывающую характер распыления и дробления водяных капель в зоне истечения струи.

В качестве такого подхода предлагается использовать дискретную модель жидкой фазы, описывающую данную фазу в форме множества частиц Лагранжа. Частица представляет собой тело сферической формы, обладающее массой, плотностью, теплоемкостью соответствующие материалу данной фазы. Для частицы применяются модели передачи импульса, теплового и массового обмена между фазами (испарение, кипение) с изменением диаметра частицы. Также для частиц применяются модели столкновения и слияния между собой и дробления частиц при аэродинамическом взаимодействии с газовой фазой. Преимуществом данного подхода является моделирование движения капель при относительно малых вычислительных затратах, что дает возможность моделировать жидкую фазу с неравномерным распределением в пространстве.

Проведено численное исследование достоверности механики модели, на базе существующих данных и исследований. Подтверждена картина распыления многофазной среды. Проверены модели движения, дробления и слияния частиц. Проведено исследование модели подачи воды на стационарную горячую струю, обнаружено влияние водоподачи на газодинамические параметры струи. Определено количественное влияние подачи воды на газодинамические характеристики струи. Проверено взаимодействие (теплоперенос и массоперенос, перенос импульса) частиц со сплошной фазой.

Исследование показывает, что модель является одной из самых подходящих под конкретные нужды с учетом имеющихся на сегодняшний день вычислительных методик. Также рассматриваются физические эффекты от влияния модельных водяных струй в виде капель на струю двигателя. Одним из таких эффектов является снижение энергии турбулентных пульсаций (вихрей), что является признаком снижения акустических пульсаций струи. Таким образом, можно говорить об исследовании влияния водоподачи в рамках данного подхода на акустические пульсации в горячих турбулентных струях.

Интерполяционный подход к задачам моделирования динамических систем с интервальными параметрами

Морозов А.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.ф-м.н. Ревизников Д.Л.
МАИ, каф. 806
alex-icez@yandex.ru

При решении прикладных задач часто приходится иметь дело с системами обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), содержащими некоторую неопределенность или неоднозначность в начальных условиях или параметрах. Для таких задач является необходимым получение интервальной оценки решения по известным интервалам значений исходных данных. В частности, подобные задачи возникают в прикладной механике, термодинамике и химической кинетике.

При решении задачи Коши для системы ОДУ с интервальными параметрами существуют численные методы, основанные на рядах Тейлора, такие, как прямой метод Мура, метод параллелепипедов и QR-метод Лонера. Эти методы просты и достаточно нетребовательны в плане вычислительных ресурсов, но их применение для реальных систем приводит к неудовлетворительным результатам из-за эффекта обертывания, проявляющегося в безграничном росте ширины получаемых интервальных оценок решений. Приемы, основанные на символьном представлении формул, например, методы, аппроксимирующие оператор сдвига вдоль траектории решений, не подвержены эффекту обертывания, но для них характерна высокая вычислительная сложность и в большинстве случаев крайне высоки затраты памяти для хранения получающихся символьных формул. В связи с этим в настоящее время есть потребность в методах, которые за приемлемое время находили бы интервальную оценку решений, при этом не были подвержены влиянию эффекту обертывания.

Рассматриваемый алгоритм позволяет находить непосредственно зависимость решений задачи от конкретных значений интервальных параметров. При наличии такой зависимости оценка верхней и нижней границы решений не представляет собой трудностей.

Идея заключается в построении адаптивного разбиения пространства, образованного интервальными начальными условиями и параметрами задачи, на основе kd-дерева. Каждая вершина дерева представляет собой регулярную интерполяционную сетку, соответствующую заданной степени интерполяционного многочлена. Каждому узлу сетки сопоставляется решение, найденное при параметрах, определяемых положением узла в пространстве.

Одна итерация алгоритма состоит из двух этапов. На первом этапе вычисляются решения на следующем «временном» слое для всех узлов сеток с помощью какого-либо численного метода интегрирования. На втором этапе происходит перестроение kd-дерева по принципу минимизации ошибки интерполяции в вершинах.

В ходе выполнения алгоритма на каждом шаге решения исходной задачи находится кусочно-полиномиальная функция, которая интерполирует зависимость решения задачи от конкретных значений интервальных параметров с заданной точностью.

Результаты апробации алгоритма на модельных примерах показывают его эффективность и говорят о применимости предлагаемого подхода к решению рассматриваемого класса задач.

Об одном численном методе решения системы сингулярных интегральных уравнений, встречающейся в теории кавитирующего крыла

Романова О.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Кудряшова Н.Ю.
ПГУ, каф. ВиПМ
lesyaromanova96@mail.ru

Исследование обтекания крыла – это довольно часто рассматриваемый вопрос в авиационной промышленности. В основном, крыло самолета служит для создания подъемной силы. На крылья самолетов действуют определенные аэродинамические силы, с помощью которых можно произвести расчеты на прочность, дальность, устойчивость и управляемость движения, а также использовать в исследованиях динамики полета в исключительных случаях.

В данной работе рассмотрена система сингулярных интегральных уравнений с ядром типа Коши, имеющая применение в теории кавитирующего крыла следующего вида

$$-x(t)+\frac{1}{\pi}\int_0^l \frac{y(\tau)}{\tau-t}d\tau = f(t),\ 0<t<1,\ l\to 1,$$

$$y(t)+\frac{1}{\pi}\int_0^1 \frac{x(\tau)}{\tau-t}d\tau = g(t),\ 0<t<l.$$

Будем предполагать, что все входящие в систему уравнений функции принадлежат классу Гельдера.

Каждое уравнение этой системы представляет собой сингулярное интегральное уравнение, у которого нарушено условие нормальности на всем отрезке интегрирования. Решить такую систему возможно только приближенными методами.

Производится анализ вычислительного метода решения рассматриваемой системы сингулярных интегральных уравнений.

Сингулярные интегралы, вошедшие в систему, заменяются квадратурными формулами специального вида и в каждое уравнение подставляется значения узла коллокации. Функции приближенного решения будем определять в виде интерполяционных многочленов. Решение системы интегральных уравнений сводится к системе линейных алгебраических уравнений, из которой можно определить приближенные значения функций *x(t), y(t)* в системе заданных точек. Установлено, что существует такое расположение узлов квадратурной формулы и коллокации, при котором получается единственное приближенной решение поставленной задачи. Оценивается величина остаточного члена квадратурной формулы и дается оценка точности приближенного решения.

Построенная вычислительная схема была реализована на языке программирования C++. Полученные результаты доказывают, что рассмотренный вычислительный алгоритм является эффективным и точным.

Система автоматизированного проектирования оребренных конструкций, работающих в условиях свободной конвекции

Рябчиков А.А.
Научный руководитель – доц., к.т.н. Бабин С.В.
Ступинский филиал МАИ
Каф. ТПАД
glefa97@mail.ru

При разработке оребренных конструкций систем охлаждения элементов авиационной и бытовой техники необходимо решать проектную задачу, а также проводить оптимизацию конструкции. При этом, как показывает практика, отработка конструкции и проведение реальных экспериментов требует значительных материальных затрат.

Для решения задач такого рода в современных САПР применяют метод построения объемной графической модели и конечно-элементного анализ. Однако, данный метод требует значительных материальных затрат на приобретение программного обеспечения и обучение пользователей, как основам проектирования и расчета, так и основам теплообмена.

В данной работе рассматривается система автоматизированного проектирования, позволяющая оценивать теплоотдачу разнообразных оребренных поверхностей сложной формы в условиях свободной конвекции.

Программа предназначена для автоматизированного проектирования оребренных профилей сложной формы с проведением математического эксперимента моделирующего теплоотдачу полученной конструкции. На основе результатов расчета теплоотдающей способности сложного профиля можно сделать вывод о тепловой эффективности и удельных характеристиках данной конструкции без проведения натурных экспериментов. Система имеет дружественный интерфейс, проста в изучении и использовании.

Автоматизированное проектирование осуществляется вариацией структуры охлаждающих ребер, прорисовываемой в графическом редакторе автоматизированной системы, изменением параметров, характеризующих размеры ребер, также варьируются параметры теплоносителя и окружающей среды.

При моделировании тепло отдающей способности реберной конструкции вычисляются теплоотдачи отдельных элементов ребер, что позволяет оценить вклад каждого элемента в процесс теплоотдачи и оптимизировать размеры и конфигурацию охлаждающей реберной конструкции. Для моделирования теплоотдачи в программе используется решение сопряженной задачи теплообмена при естественной конвекции для ребер и трубы с теплоносителем с граничными условиями четвертого рода и нахождением коэффициентов теплоотдачи итерационным численным методом. Ввиду высокой теплопроводности материала ребра считаются термически тонкими.

Модель расчета сложных оребренных поверхностей прошла верификацию. Проведение расчетов с помощью данной САПР и сравнение выходных параметров с экспериментальными выходными данными показало, что модель адекватна, точность модели составляет 5-7%. Модель устойчива в заданном диапазоне входных параметров.

Разработка и реализация методов ранжирования альтернатив на основе уровней предпочтения мажоритарного графа

Седова Т.С.
Научный руководитель – ст.преп. Смерчинская С.О.
МАИ, каф. 805
tanya-sed_94@mail.ru

В авиастроении при выборе материалов, из которых будет изготовлен самолёт, приходится принимать сразу несколько сложных решений: как при ограниченном бюджете сохранить как можно более высокое качество сырья, как подобрать одновременно крепкий и пластичный, или легкий и долговечный материал для определённой составляющей аэроплана. Одновременно дешево и качественно в реальной жизни бывает очень редко, поэтому возникает проблема принятия наилучшего решения среди множества различных вариантов.

В теории принятия решений рассматривается решение проблемы выбора наилучших альтернатив. Пусть профиль индивидуальных предпочтений экспертов задан бинарными отношениями и им в соответствие ставятся ориентированные графы с множеством вершин – альтернатив и множеством дуг. Дуга в графе проводится в случае, если первая из вершин менее предпочтительна второй. Таким образом, задача выбора наилучших альтернатив может быть сведена к работе с графами.

Лицо, принимающее решение (ЛПР), в поставленной задаче заинтересовано в получении всех возможных вариантов ранжирования альтернатив, так как зная все возможные варианты решений, можно с большей вероятностью принять правильное решение. Использование ранжированной оценки предполагает, что по результатам

экспертной процедуры устанавливается упорядоченная последовательность альтернатив, в которой их расположение отвечает их предпочтительности. Таким образом на первом месте располагается самая предпочтительная альтернатива (наилучшее решение), на втором – менее предпочтительная, на последнем месте – наихудшая. Происходит запись номеров альтернатив в линейном порядке их предпочтительности, то есть формирование только одной из перестановок, составленной из номеров альтернатив. Для того чтобы выполнить полный перебор всех возможных альтернатив, будем использовать разбиение графа на уровни. На нулевом уровне находятся наиболее предпочтительные вершины (альтернативы), на последнем −наименее предпочтительные.

Написанная на объектно-ориентированном языке программирования C# в среде Visual Studio 2015, программа VisualGraph разбивает граф на уровни, затем, начиная с последнего уровня, и далее переходя к следующему, пока не дойдет до нулевого, осуществляет полный перебор вершин на каждом из них. В итоге, на экран монитора выводятся все возможные достроения строгого порядка до линейного. Для сокращения работы алгоритмы берётся транзитивное замыкание на порядке. Если ЛПР требуется выбрать решение, на основании своих предпочтений, то вызвав диалоговое окно, он может вручную выбрать интересующие его вершины на каждом уровне, начиная с последнего. Из-за особенностей размера монитора (ширина в большинстве устройств намного больше, чем длина) на экран будут выведены альтернативы слева направо в линейном порядке, а не сверху вниз, как принято в научной литературе. Разбиение графа на уровни реализовано при помощи алгоритма Демукрона. Как известно, нулевой уровень соответствует ядру графа. В теории графов возможно использовать методы отыскания ядер графа G, состоящих из подмножества несравнимых между собой объектов, как основу для выделения наиболее предпочтительных объектов. Так же VisualGraph находит функцию Гранди для исходного графа.

Визуальное моделирование влияния Девятой планеты на другие объекты Солнечной системы

Сергеева Т.С.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Крапивенко А.В.
МАИ, каф. 806
misterioremo@gmail.com

Девятая планета — гипотетическая массивная транснептуновая планета Солнечной системы за пределами орбиты Плутона. Гипотеза о существовании данной планеты была изложена в 2016 году К. Батыгиным и М. Брауном и позволяет объяснить поведение движения далёких объектов пояса Койпера.

Целью работы стало создание программы, моделирующей и визуализирующей движение небесных тел Солнечной системы. Программа позволяет дать оценку влияния Девятой планеты на траекторию орбит других небесных тел в рамках созданной модели. Сразу же необходимо отметить несколько важных деталей:

- всего моделируется движение 17 небесных тел без учёта Солнца;
- центр Солнца принят за начало координат, а сами расчёты ведутся в эклиптической системе координат;
- в расчётах пренебрегается влиянием от вращения небесных тел вокруг своей оси, от их несферичности, от солнечного ветра и т.д.;
- так же в расчёт движения небесных тел не вошли спутники планет.

Численное интегрирование уравнений движения небесных тел проводится путём совместного решения уравнения планет и исследуемого объекта. Уравнением задачи n-тел выступает гелиоцентрическое релятивистское уравнение движения планет, в данном случае, с учётом лишь ньютоновских и шварцшильдовских членов. Начальные данные находятся при помощи уравнения Кеплера, расчёт траектории производится по эллипсу.

В рабочей программе реализованы метод Рунге-Кутты 4-го порядка, метод Эверхарта 19-го и 29-го порядков (с учётом модификации метода при $n > 19$). Применив метод Рунге, было установлено, что шаг интегрирования в интервале между 2 и 0.25

земными сутками является приемлемым для расчётов. По результатам предварительных тестов было принято решение использовать метод Эверхарта 19-го порядка, так как он показал себя наиболее оптимальным по точности и времени выполнения. Окончательный расчёт проводился за период времени равный 17177 годам (предположительный период обращения Девятой планеты вокруг Солнца).

Работа выполнялась в среде разработки Microsoft VS Express 2013 на языке C++, а визуализация осуществлялась при помощи средств OpenGL. Программа рисует две траектории движения планет: с и без учёта влияния Девятой планеты на остальные объекты системы. Пользователю дана возможность перемещаться в системе от планеты к планете, а также менять шаг интегрирования.

Возможно, следует продолжить исследования, добавив в систему больше объектов пояса Койпера и облака Оорта, так как, теоретически, именно они должны подвергаться наибольшему воздействию со стороны Девятой планеты. Для более подробного результата исследования стоит изучить, как будут изменяться все кеплеровы элементы орбиты небесных тел.

Моделирование нелинейных деградационных процессов электротехнических устройств и оценка их остаточного ресурса

Симонов А.П.
Научный руководитель – Чернова Т.А.
МАИ, каф. ПМИНЭ
mr.who96@yandex.ru

На сегодняшний день существует проблема деградации электротехнического оборудования. В технике деградационные процессы классифицируют в зависимости от физического принципа действия объекта: механические, электромагнитные, тепловые, световые и др. Механическая деградация связана с процессами механического трения, деформации элементов устройств, обуславливающих их истирание, выкрашивание, необратимые изменения форм. Тепловая деградация обусловлена изменением температурных режимов в объекте.

Для решения данной проблемы необходимо использовать программу, отслеживающею состояние деградации электротехнического оборудования. Эта программа должна уметь собирать и хранить информации о параметре, который будет изменятся за время жизни электротехнического оборудования, уметь преобразовывать эту информацию к виду удобному для вычисления, а также отображения. Информацию об отслеживаемом параметре следует хранить в базе данных, обеспечив простоту доступа к базе данных извне, а также предусмотрев удобство при обработке информации онлайн.

В данной программе для описания нелинейного деградационного процесса можно использовать полиномы третьей степени, которые строят с использованием метода наименьших квадратов. Для решения нормальной системы уравнений по методу наименьших квадратов используется метод Гаусса. Для реализации данной программы был выбран язык программирования C#, а в качестве среды разработки выбрана Microsoft Visual Studio 2015. Метод наименьших квадратов и метод Гаусса реализованы в виде отдельных классов. Для хранения базы данных используется система управления базами данных Microsoft SQL Server 2012, в данной СУБД в качестве языка взаимодействия с данными используется T-SQL. Для того чтобы идентифицировать и обрабатывать новые данные, поступающие в таблицы БД, используется класс SqlDependency, который дает возможность отслеживать изменения таблицы и оповещать об этом программу, обрабатывающую только что поступившие данные. Оценка степени деградации основывается на условиях, которые пользователь устанавливает в программе – обработчике. В качестве таких условий могут выступать значение функции, значение производной, отношение производных между точками. Для увеличения скорости обработки данных программой – обработчиком применено распараллеливание задач. Для этого используется класс Parallel предоставляющий возможности параллельной обработки информации. В качестве средства отображения информации на экране пользователя

используется класс WindowsForms предоставляющий такие средства взаимодействия с пользователем, как кнопки, текстовые поля, таблицы данных, элементы для отображения графиков и т.д.

Упрощенный метод ранжирования ряда критериев согласия выборочных данных с нормальным законом распределения вероятностей в порядке предпочтения

Седова Ю.Е.
Научный руководитель – ст. преподаватель Кириллин А.В.
МАИ, каф. ИЛА
sedova.ul@gmail.com

Нормальный закон распределения вероятностей случайных величин занимает центральное место как в классической математической статистике, так и в практических приложениях. Поэтому проверка возможности описания распределения экспериментальных данных нормальным законом распределения является основной задачей в комплексе алгоритмов обработки измерительной информации.

В практике инженерного анализа используются большое количество разнообразных критериев, позволяющих осуществить проверку на нормальность. В целом можно привести следующую классификацию данных критериев:

– группа А: параметрические критерии, основанные на использовании свойств оценок моментов распределений (для исследований из данной группы был выбран критерий Гири);

– группа Б: критерии, основанные на сравнении параметрических и непараметрических выборочных оценок (для исследований из данной группы были выбраны критерии Шапиро-Уилка и Деэйвида-Хартли-Пирсона);

– группа В: критерии, базирующиеся на сравнении нормального распределения и эмпирических функций распределения выборочных оценок (для исследований из данной группы были выбраны критерии Хегази-Грина T_1 и T_2).

Все критерии согласия относятся к критериям значимости, базирующихся на ряде общих принципов, а именно: необходимости задания альтернативной гипотезы и выборе малых значений вероятностей, ограничивающих критическую область (область значимости). Необходимость задания альтернативной гипотезы зачастую ставит исследователя в затруднительное положение. Если исследуемое распределение не подчиняется нормальному закону распределения, то какому из множества законов распределения оно подчиняется? Осуществить перебор практически невозможно.

Альтернативным подходом является применение методов, не зависящих от задания альтернативной гипотезы. Одним из таких подходов является ранжирование критериев согласия по наибольшему достигнутому уровню значимости $\alpha_{кр}$ (в некоторых источниках *p*-value) – такому, при котором еще возможно принятие гипотезы о нормальности.

Полученные результаты статистического моделирования, позволяют расположить исследуемые критерии в порядке их предпочтения:

$$\text{Хегази-Грина}\left(T_2\right) \succ \text{Хегази-Грина}\left(T_1\right) = \text{Шапиро-Уилка} =$$

$$= \text{Гири} = \text{Дейвида-Хартли-Пирсона}.$$

Результаты тестового моделирования интервального оценивания и апробации на конкретном примере показали приблизительно одинаковые результат: из всех рассмотренных критериев сильно выделяется критерий Хегази-Грина (T_2), как основанный на наиболее полной информации в виде эмпирической функции распределения вероятностей и квадратичной формы рассогласования между теоретической и эмпирической функциями, придающий больший вес большим отклонениям.

Остальные критерии при малом объеме различаются в приделах статистической погрешности. Поэтому выбор подходящего критерия может быть основан на простоте необходимых вычислений. С этой точки зрения простейшим является критерии Гири (допускающий нормальную аппроксимацию) и критерий Дэвида-Хартли-Пирсона.

Принятие гипотезы нормальности распределения существенно упрощает дальнейшую процедуру обработки результатов измерений и последующий их анализ.

Автоматизация построения уравнений границ плоских геометрических объектов с перфорацией с помощью R-функций

Салимов Е.Ю., Тельнова Л.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф-м.н. Семерич Ю.С.
ПГУ, ВиПМ
lila-ila@mail.ru

Данная работа посвящена развитию аппарата теории R-функций для построения уравнений границ сложных геометрических областей [2]. Так, выделен класс областей с перфорацией, а в качестве подхода для построения уравнений границ таких областей использовались способы, позволяющие учитывать симметрию трансляционного типа [3].

Актуальность данной работы связана с тем, что в настоящее время уделяется важное внимание вопросам геометрического проектирования сложных технических систем и устройств. Например, в области авиастроения, аэрокосмических исследований, машиностроения, робототехники и т.д. приходится решать сложные задачи проектирования [1]. При этом для этих целей используются средства вычислительной техники и методология математического моделирования. В последнем случае обязательным является решение проблемы учета сложной геометрической информации на аналитическом уровне. Для этих целей оправданным является использование аппарата теории R-функций, который лежит в основе метода R-функций, а признанным международным названием является R-functions method (RFM). Первоначально с помощью R-функций удалось решить так называемую обратную задачу аналитической геометрии, когда для произвольного чертежа необходимо получить точное алгебраическое уравнение. В дальнейшем метод R-функций позволил решить довольно большой спектр краевых задач и нашел применение в областях механики деформируемого твердого тела, электродинамики, теории пластин и оболочек, теплофизики, гидродинамики и т.д.

Согласно теории R-функций для построения уравнения границы сложного геометрического объекта используется набор известных из курса аналитической геометрии уравнений границ простых геометрических объектов. Кроме этого, уравнение сначала представляется в виде предикатного уравнения с использованием логических операций. Затем осуществляется переход к обычному алгебраическому уравнению в неявной форме с помощью таких операций, которые получили названия R-операций.

Такой подход позволил описать геометрические области, обладающие симметрией трансляционного типа. Рассматривались случаи, когда область, подлежащая трансляции, обладала симметрией относительно оси ординат, не обладала такой симметрией, когда две соседние области не могли быть отделены одна от другой вертикальной полосой.

Данный подход послужил основой в данной работе для построения уравнений границ геометрических областей с перфорацией. Причем для этого достаточно знать информацию об уравнении только одной области и типе перфорации. Благодаря этому удалось автоматизировать процесс построения таких областей. Предложенный способ был численно реализован в системе символьной математики Wolfram Mathematica, а графики уравнений визуализированы с использованием графических средств данного пакета.

Список литературы

1. Захарченко М.Ю., Захарченко Ю.Ф. Анализ численно-аналитических методов решения электродинамической задачи для продольно-регулярных волноводов со сложно криволинейным поперечным контуром // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2015. – №3. – С. 28 – 49.

2. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. – Киев: Наук. думка, 1982. – 506 с.

3. Семерич Ю.С. Развитие конструктивных средств учета геометрической симметрии в методе R-функций // Сборник статей II Международной научно-технической

конференции “Аналитические и численные методы моделирования естественнонаучных и социальных проблем”, Пенза, Россия, 4–5 сентября 2007 г. – С. 36 – 39.

Развитие методов построения уравнений границ геометрических фракталов с помощью теории R-функций

Спицын Ю.С., Шалдаева А.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Семерич Ю.С.
ПГУ, каф. ВиПМ
nastyashaldaeva@mail.ru

В работе рассматривается задача построения уравнений границ геометрических фракталов с помощью теории R-функций [1]. Следует отметить, что впервые математический аппарат теории R-функций для построения уравнений границ геометрических фракталов был предложен в работе [2]. Однако в дальнейшем данный подход получил свое развитие в работе [3]. В данной работе рассмотрены новые типы фракталов и предложены способы построения уравнений их границ.

Интерес к геометрическим фракталам наблюдается с конца прошлого века и был вызван их графическим изображением. В настоящее время этот интерес обусловлен широким применением теории фракталов в различных сферах практической деятельности. В частности, фракталы используются в цифровой обработке информации, изучении турбулентного движения жидкости, исследовании финансовых рынков, в радиолокации, изготовлении наноматериалов с заданными свойствами и т.д.

Теория R-функций, позволившая решить обратную задачу аналитической геометрии, является привлекательным способом для попытки построения уравнений границ геометрических фракталов, тем более, учитывая имеющийся задел в решении этой задачи. В частности, с помощью математического аппарата теории R-функций удалось построить уравнения границ таких геометрических фракталов как салфетка Серпинского, ковер Серпинского, кривая Коха, снежинка Коха, крест Коха, фрактал Леви, дерево Пифагора и др. Тем не менее, среди известных геометрических фракталов остаются такие, для которых еще предстоит разработать аппарат теории R-функций, чтобы получить уравнения их границ.

Особенностью использованного в данной работе подхода является то, что все уравнения получаются в виде единого аналитического выражения и содержат буквенные параметры. Кроме этого, полученные уравнения легко реализуемы при вычислительной реализации. Так, например, все вычисления в данной работе производились с использованием пакета символьной математики Wolfram Mathematica, а для визуальной проверки полученных результатов использовались графические средства данного пакета.

Список литературы

1. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. – Киев: Наук. думка, 1982. – 506 с.

2. Максименко-Шейко К.В., Толок А.В., Шейко Т.И. R-функции как аппарат в приложениях фрактальной геометрии // Прикладная математика. – 2010. – № 6 (30). – С. 21 – 27.

3. Семерич Ю.С., Гордеев И.А. Построение уравнений границ геометрических фракталов с помощью R-функций // Сборник статей VII Международной научно-технической конференции молодых специалистов, аспирантов и студентов «Математическое и компьютерное моделирование естественнонаучных и социальных проблем», Пенза, Россия, 28 – 31 мая 2013 г. – С. 137 – 143.

4. Захарченко М.Ю., Захарченко Ю.Ф. Анализ численно-аналитических методов решения электродинамической задачи для продольно-регулярных волноводов со сложно криволинейным поперечным контуром // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. -2015. –№3. –С. 28-49

Численное моделирование параметров искусственного облака в рабочей части аэрохолодильной трубы

Тимофеева М.В.
Научный руководитель – доцент,к.ф-м.н. Миллер А.Б.
ЦАГИ, МФТИ, ТИПА
masha---93@mail.ru

Исследование влияния обледенения на аэродинамические характеристики пассажирских и транспортных самолетов является важной проблемой, связанной с безопасностью и регулярностью полетов. Наземные эксперименты, моделирующие обледенение в аэрохолодильных трубах, должны максимально точно воспроизводить условия, с которыми приходится сталкиваться в полёте. Для численного сопровождения экспериментов и моделирования обледенения в лётных условиях необходимо применять расчётные методы, построенные на основе верифицированных физико-математических моделей. Численные исследования позволяют относительно быстро и при меньших затратах получить большой объём данных, моделирующих как условия обледенения в полёте, так и процессы, происходящие в аэрохолодильных трубах. Это значительно упрощает и ускоряет процесс разработки экспериментальных установок, а также способствует глубине анализа получаемых результатов.

В данной работе различными методами исследовались параметры облака, искусственно созданного в тракте всесезонной аэрохолодильной установки ЦАГИ. Была построена физико-математическая модель, описывающая динамику и тепломассообмен переохлаждённых капель в потоке аэрохолодильной трубы. Выполнена оценка факторов, влияющих на выбор положения форсунки в тракте стенда искусственного обледенения, рассмотрено влияние турбулентности потока на изменение характеристик двухфазной среды. В ходе расчётных исследований учтено взаимодействие частиц друг с другом, изучена пространственная сепарация капель, определено пространственное распределение капель различных размеров по сечению рабочей части установки. Численное моделирование проводилось как с использованием программного пакета Ansys CFX, так и собственной программы, написанной на языке Си++. Результаты численного моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Моделирование движения ЛА при внешних и внутренних воздействиях методом самоорганизации

Травкин А.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Головачев А.Г.
МАИ, каф.802
dogg1222@mail.ru

В современных системах летательных аппаратов большое внимание уделено автоматизации и автономности. Так как с каждым годом системы становятся более высоко технологичными и сложными – приходится контролировать и учитывать множество факторов, которые могут влиять на траектории полета самолета и на его управление. Еще один немало важный факт – действия системы в чрезвычайных ситуациях. Система должна иметь некие механизмы самоорганизации, которые должны выводить систему из хаотического состояния в оптимальное.

Самоорганизующиеся системы являются очень надежными. Их структура спроектирована так, чтобы все элементы системы находили решение или выполняли требуемую функцию. Такой подход очень полезен в нестационарных и проблемных областях, где решение не является фиксированным или оно вообще неизвестно. Человек не может прийти к такому решению, оно достижимо только компьютеру, так как ищется путем самоорганизации элементов.

Системы самоорганизации могут быть различной природы: механические, физические, химические, биологические, программные и другие, поэтому для их

описания конструируют различные математические модели. Для этого задают закон развития - параметры системы, которые однозначно определяют ее состояние.

Система, состояние которой полностью описывается набором параметров, изменяющихся со временем, называется динамической системой.

Любая динамическая система всегда самоорганизуется, то есть развивается к состоянию динамического равновесия.

Параметры динамической системы можно задать различными способами и поэтому существует много видов математических моделей самоорганизации.

В работе в качестве модели использовался одномерный клеточный автомат.

Была построена собственная модель самоорганизации, основанная на клеточном автомате. Разработан программный комплекс на языке C# с использованием фреймворка Telerik UI, реализующий вышеописанную модель самоорганизации с базовыми операциями. Для увеличения быстродействия были исследованы и использовались встроенные возможности параллельных вычислений языка C#. Проведено моделирование движения ЛА, как при внешних и внутренних воздействиях, так и при их отсутствии.

Список использованных источников:

1.Семенов А.С. Моделирование самоорганизующихся процессов развития: фрактоидно-ориентированный подход: Монография,- М.:МАИ 2013.

Антиплоская осесимметричная деформация несжимаемого тела в условиях пластичности и ползучести

Прокудин А.Н., Фирсов С.В.
Научный руководитель – член-корр. РАН, д.ф.м. Буренин А.А.
ИМиМ ДВО РАН
firsov.s.new@yandex.ru

В данной работе исследуется антиплоская деформация сплошной среды в рамках теории больших упругопластических деформаций [1, 2], которая исходит из формализма неравновесной термодинамики, в соответствии с которым необратимые и обратимые деформации определяются дифференциальными уравнениями переноса.

Была рассмотрена задача течения несжимаемой среды в цилиндрической трубке в условиях изменяющегося перепада давления. Задача решалась при предположении, что среда может деформироваться как обратимо, так и необратимо, где необратимые деформации обусловлены как пластичностью, так и ползучестью.

Текущая работа является логическим развитием работ [3, 4], в которых использовалась сходная постановка задачи, но только для пластического течения, а так же является продолжением работы [5], в которой рассматривался только первый этап деформации, обусловленной ползучестью. В этом исследовании помимо начального этапа упругой деформации при наличии деформаций ползучести был рассмотрен так же и этап пластического течения, возникающего при дальнейшем росте перепада давления.

В результате была составлена математическая модель, описывающая представленную задачу, и было составлен программный продукт, посредством которого можно найти численное решение данной задачи при различных значениях констант, определяющих свойства среды. Так же были получены решения как при условии прилипания на стенках трубы, так и при условии проскальзывания среды вдоль стенок трубы. В последнем случае было выяснено, что трение между средой и стенкой трубы не оказывало значительного воздействия на распределение деформаций внутри самой среды, а лишь влияло на скорость продвижения среды вдоль трубы.

В результате расчётов были построены графики зависимости обратимых и необратимых деформаций от времени, а так же зависимости напряжений и передвижение границы пластической области. Анализ результатов показал, что при фиксировании нагрузки, когда часть среды уже перешла к пластическому течению приводит к тому, что граница пластической области начинает смещаться к границе области. Скорость смещения границы зависит от величины деформации ползучести. Что говорит нам о

релаксации напряжений, связанной с переходом части обратимых деформаций в необратимые деформации ползучести.

Литература.

1. Буренин А.А., Быковцев Г.И., Ковтанюк Л.В. Об одной простой модели для упругопластической среды при конечных деформациях // ДАН. 1996. Т. 347, №2, с. 199-201

2. Буренин А.А., Ковтанюк Л.В. Большие необратимые деформации и упругое последействие. Владивосток: Дальнаука. 2013. 312 с.

3. Буренин А.А., Ковтанюк Л.В., Мазелис А.Л. Развитие прямолинейного осесимметричного вязкопластического течения и упругое последействие после его остановки // Прикл. механика и техн. физика. 2010. Т. 51, №2, с. 261-268

4. Буренин А. А., Ковтанюк Л.В. Развитие и торможение течения упруговязкопластической среды в цилиндрической трубе // ПММ. 2013. Т. 77. Вып. 5. С. 788-798.

5. Firsov S.N., Prokudin A.N. Antiplane axisymmetric creep deformation of incompressible medium // Журнал сибирского федерального университета. Серия: математика и физика. 2015. Т. 8, №4, с. 406-415

Разработка оперативного метода оценки аэродинамических характеристик сильно деформирующихся несущих поверхностей

Чернышева С.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Липницкий Ю.М.
МАИ, ИТМСС
c-sonya@mail.ru

В настоящее время всё острее ощущается необходимость в эффективных способах оценки и обработки данных аэродинамических характеристик. На данный момент уже существуют некоторые пакеты программ. В настоящей работе приводится разработанная инженерная методика определения аэродинамических характеристик крыла для различных углов атаки.

В данной работе рассматривается проблема получения расчетным путем на этапе предварительного проектирования достоверных аэродинамических характеристик сильно деформирующихся несущих поверхностей, используемых в аэродинамической компоновке крыльев пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов, предназначенных для длительного полета на больших высотах.

В случае обтекания крылового профиля конечного размера существенный вклад (до 30% процентов) на общее сопротивление оказывает индукционное сопротивление за счет схода вихревых структур с кромки профиля.

Для уменьшения данных потерь используют различные конструкции. В полете крыло подвержено силовым нагрузкам, приводящим к деформациям (изгибу, закруткам) и, при превышении некоторых критических значений, приводящим к разрушению. Рассматривался несимметричный крыловой профиль с различными размахами, закрученное крыло вдоль продольной оси, а также крыло с изгибом.

Расчеты проведены в рамках трехмерных осредненных уравнений Навье-Стокса, описывающих движение вязкой ньютоновской жидкости. с помощью пакета программ «ЛОГОС» разработки ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», в котором реализованы различные физико-математические модели для расчета процессов. Для проведения расчетов был выбран метод SIMPLE второго порядка аппроксимации по пространству для решения трехмерных уравнений. В качестве модели турбулентности использовалась модель Спаларта-Аллмараса, в которой появляется только одно дополнительное уравнения для расчета вязкости и описывает всю область течения. Преимуществом этой модели является ее устойчивость и хорошая сходимость.

В процессе разработки были построены расчетные сетки для изогнутого и закрученного крыльев. Общее количество расчетных ячеек получилось порядка 5 млн.

Результаты проделанной работы, представлены в программе Excel в виде графиков:

– аппроксимации подъемной силы по длине крыла и данные по разработанной методике;

– подъемной силы для различных длин и форм крыла;

– графики зависимости коэффициентов сопротивления(Cx) и подъемной силы крыла(Cy) от угла альфа, значениями которого были выбраны следующие три числа: 0, 5 и 10;

По результатам проведенных расчетов была разработана инженерная методика. Было проведено сравнение расчетной подъемной силы по длине крыла и данные по разработанной методике. Таким образом, разработанная методика позволяет произвести более точный расчет аэродинамических характеристик для различных форм крыльевой поверхности.

Моделирование работы RC-генератора выполненного на печатной плате из нанопроводящего диэлектрика в ПО LT spice

Чукарин М.И.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Саенко В.С.
НИУ ВШЭ, ДКИ
Mitch99@yandex.ru

Введение

Бортовая радиоэлектронная аппаратура космических аппаратов (БРЭА КА) должна быть защищена от возникновения электростатических разрядов (ЭСР) которые возникают в результате появления значительных разностей потенциалов между элементами БРЭА изготовленными из различных материалов. Этот процесс называют дифференциальным заряжением элементов КА и он обусловлен различной способностью материалов накапливать и перераспределять накопленный электронный заряд, который создается в этих материалах за счет взаимодействия КА с околоземной плазмой. В настоящей работе путем моделирования работы RC генератора в LT-spice определяются минимальные величины дополнительных резисторов, которые будут имитировать дополнительную проводимость диэлектрика печатной платы этого генератора, и не будут влиять на работу генератора. Дополнительная проводимость диэлектрика призвана исключить возможность возникновения ЭСР при электронном облучении.

Электронные генераторы - это устройства, которые преобразуют электроэнергию источника постоянного тока источника питания в энергию электрических колебаний заданных частот и форм. Форма электрических колебаний бывает различной. Генераторы, которые формируют синусоидальные колебания, называют *генераторами гармонических,* или *синусоидальных* колебаний. Если колебания генераторов отличаются по форме от синусоидальных колебаний (треугольные, прямоугольные, пилообразные и т.д.), то такие генераторы называются *импульсными,* или *релаксационными.*

Существует два основных типа генераторов: генераторы с самовозбуждением или автогенераторы и генераторы с независимым внешним возбуждением. Мы будем рассматривать RC-генератор с самовозбуждением.

Данная работа разбита на два этапа. На первом этапе мы моделируем работу исходного RC-генератора. На втором этапе мы моделируем работу RC-генератора изготовленного на печатной плате из нанопроводящего диэлектрика, проводимость которого мы моделируем включением в схему дополнительных резисторов R_{add}.

Моделирование работы генератора

Выходное напряжение падает с 13,3 В до 12 В, а период колебаний возрастает от 3 мс до 3,4 мс. При величине R = 100 кОм никаких изменений выходного сигнала не наблюдалось. Поэтому, величину дополнительных резисторов для расчета допустимой проводимости печатной платы, с небольшим запасом можно принять равной R = 100 кОм. В дальнейшем, при продолжении работы будет использоваться эта величина R.

Заключение

В результате выполненной работы выявлена величина сопротивления R добавочного резистора R_{add} при котором выходной сигнал генератора не будет

претерпевать изменения. Эта величина составляет 100 кОм. Значимость проведенной работы заключается в том, что в ее ходе было проведено моделирование работы RC-генератора с помощью ПО LT-spice и выявлено значение оптимальной величины сопротивления дополнительного резистора для расчета проводимости нанопроводящего диэлектрика печатной платы.

Численное моделирование обтекания профиля мягкого двухоболочкового крыла

Чулков М.В.
Научный руководитель – Швед Ю.В.
МАИ, каф. 103
maxch96@mail.ru

Целью данной работы являлось создание численного аэродинамического эксперимента для предварительного определения с приемлемой точностью основных аэродинамических характеристик профилей мягких парапланных крыльев при оптимальных затратах машинного времени, а также проверки их корреляции с экспериментальными данными продувок.

В настоящее время в связи с активным развитием парапланеризма всё более насущной становится потребность в специальном атласе аэродинамических профилей мягких двухоболочковых крыльев с описанием сильных и слабых сторон этих профилей. Отсутствие систематизированной информации усложняет конструктору летательных аппаратов задачу выбора профиля с требуемыми характеристиками. Проектировщик вынужден обращаться к долгим и затратным экспериментальным исследованиям. Ранее была разработана методика проведения эксперимента в аэродинамической трубе МАИ для получения данных о границе устойчивости мягкого крыла на малых углах атаки, а также о максимальной несущей способности профиля на больших углах атаки, с учётом деформации стропной системой. Хотя натурные продувки и дают более полную и верную картину поведения крыла в потоке, особенно при изгибе профиля, их проведение сопряжено со значительной трудоёмкостью и затратами времени. Отчасти этих недостатков лишён метод численного моделирования обтекания твёрдых тел потоком жидкости. Однако существующие программные комплексы, такие как ANSYS Fluent, Flow Vision, обеспечивают высокую точность расчёта, но весьма требовательны к машинным ресурсам.

Для определения границ применимости численного расчёта к решению поставленной выше задачи была разработана схема моделирования обтекания профиля мягкого крыла сеточным методом при помощи модуля гидрогазодинамических расчётов Flow Simulation системы автоматизированного проектирования SolidWorks. Данный модуль сочетает в себе высокий уровень функциональности с простотой использования, позволяет выполнять нестационарный анализ. В основе математической модели Flow Simulation лежит решение уравнений Навье-Стокса, дополненных зависимостями свойств жидкости от температуры. Перед использованием для расчёта профилей мягких крыльев разработанная трёхмерная модель и схема численного эксперимента проверялась на крыловых профилях NACA, имеющих известные опытные данные об аэродинамических характеристиках. Была проведена верификация результатов вычислений с экспериментальными значениями, проанализировано влияние параметров расчётной области и сетки на точность и на затраченное машинное время.

По результатам работы был сделан вывод о пригодности модуля SolidWorks Flow Simulation для предварительной оценки за оптимальное время базовых аэродинамических характеристик вновь создаваемых профилей мягких крыльев. Результаты такой оценки смогут в дальнейшем служить дополнением к экспериментальному исследованию мягких крыльев в аэродинамических трубах на предмет уточнения их поведения при деформации стропной системой, которое пакеты численного моделирования не способны рассчитать с приемлемой точностью.

Моделирование двигательной электризации беспилотного летательного аппарата

Федусив И.Н.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Чермошенцев С.Ф.
КНИТУ-КАИ, каф. САПР
fedusivilya@gmail.com

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БЛА), а так же большие пилотируемые аппараты имеют фюзеляж, полностью либо частично состоящий из углеродных композиционных материалов. Использование нового материала повлекло проблему, связанную с электризацией фюзеляжа. Тенденция на применение углепластиков только усиливается, что делает проблему крайне актуальной.

Цель данной работы – моделирование процесса двигательной электризации и оценка его влияния на функционирование аппаратуры на борту БЛА.

Двигательная электризация – это явление, образующееся во время полёта летательного аппарата, обусловлено трением фюзеляжа о воздушную среду, что вызывает накопление электростатического заряда на фюзеляже БЛА. Данное явление можно рассмотреть, как коронный разряд, который происходит в виде дискретных импульсов в коротком промежутке времени с временем заряда, от 10^{-8} до 10^{-7} с. Следовательно, разряд можно адекватно аппроксимировать затухающей экспонентой с нулевым временем заряда. Импульс тока разряда определяется, как изменение энергии проводника. При расчете тока электростатического импульса в частотном диапазоне, он представляется в виде двойной экспоненты.

Для исследования процесса двигательной электризации была разработана трёхмерная имитационная модель БЛА, которая имеет габариты реального объекта. Электрофизические свойства материала фюзеляжа также соответствуют реальному объекту на частоте 100 кГц.

Процесс, связанный с БЛА можно рассматривать в виде диполя, для этого на фюзеляже имеются контакты, представляющие полярность диполя. Данные контакты, имитирующие процесс двигательной электризации, расположены в носу и хвосту БЛА.

Для моделирования процесса трения воздушной среды о фюзеляж БЛА, разработана математическая модель расчёта разности потенциалов , между контактами на фюзеляже БЛА. Входными параметрами являются: текущая скорость БЛА, геометрические размеры фюзеляжа, электрические константы, электрофизические свойства материала фюзеляжа.

При частотном расчёте тока электростатического импульса, видно, что максимальное влияние двигательной электризации БЛА проявляется на частотах от 100кГц до 10Мгц. Моделирование производится на скорости 90 м/с, подаётся единичный импульс разряда тока длительностью 10^{-6} с. Измеряется напряжённость электростатического поля внутри фюзеляжа БЛА, на равноудалённом расстоянии от контактов, имитирующих диполь.

По результатам исследования следует заключить, что максимальное влияние на функционирование бортового оборудования происходит на частотах от 100 кГц до 1 МГц, с 10 МГц влияние сильно уменьшается. Под сильное воздействие попадают некоторые внутренние блоки управления, которые работают на частоте 8 МГц, а так же каналы связи между блоками бортового управления, которые работают на частоте около 115 кГц. Двигательная электризация оказывает сильное влияние на качество функционирования устройств управления БЛА.

Волновые движения жидкости в открытых вращающихся каналах постоянной глубины

Григорян Н.В., Рахманов И.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Гурченков А.А.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
grignarek@gmail.com

Представленная работа посвящена изучению задачи распространения длинных волн на поверхности идеальной жидкости во вращающемся канале конечной глубины. Длинные волны - волны с длиной, значительно превосходящей глубину бассейна, и амплитудой, значительно меньшей, чем глубина бассейна. Примером длинных волн служат волны приливов и цунами.

Изучение длинных волн способствует повышению безопасности мореплавания и постройки гидросооружений, стабильности движения самолётов, морских судов. При достаточно точном прогнозе движения длинных волн становится возможным устранение проблем, связанных с загрязнением Мирового океана и строительством в районах берегов.

Земля, вращаясь, прямым образом влияет на перемещение волн во всей толще жидкости. В силу описанного явления и возникают граничные волны Кельвина. Принимая во внимание силу Кориолиса, которая влияет на жидкость, исследование описанной модели усложняется.

Одних экспериментов с вращающейся жидкостью не хватает для детального изучения перемещения длинных волн в естественных геофизических бассейнах. Использование вычислительных технологий для моделирования перемещения длинных волн затруднено в силу недостаточной стабильности алгоритмов расчета краевых задач. Наряду с этим, применение численных методов не позволяет должным образом исследовать дифракции высокочастотных волн Кельвина. Как результат, исследование таких моделей предполагает использование аналитических методов.

В работе рассматриваются волны малой амплитуды в бассейнах простых геометрических очертаний. Благодаря такой упрощенной постановке задач удается получить аналитические решения и тем самым выяснить некоторые общие закономерности движения волн. Одной из таких задач является распространение волн в канале с плоским дном неограниченной длины, расположенном на вращающемся теле. Схожей задачей является описание модели распространения волн в водных каналах, расположенных на поверхности земного шара.

Волновые движения жидкости в прямоугольном канале шириной 2b, постоянной глубиной H, и неограниченной длиной вдоль оси x, находящейся в состоянии равномерного вращения, описываются уравнениями «теории мелкой воды».

Пренебрегая конвективной частью горизонтального ускорения и считая малой величиной функцию, описывающую свободную поверхность, получаем систему дифференциальных уравнений движения идеальной жидкости. Краевое условие выводим из условия непротекания.

После необходимых преобразований получим дифференциальное уравнение для определения функции формы свободной поверхности, а также необходимое краевое условие. Решение дифференциального уравнения ищется в форме бегущей волны вдоль оси x с частотой и волновым числом k. Представлено дисперсионное уравнение, которое при постоянной глубине жидкости определяет зависимость частоты волны от параметров f и k. Уравнение имеет три типа решений.

Показано, что в зависимости от типа решения возникает тот или иной вид волны. Таким образом, при постоянном H полный спектр волн состоит из волны Кельвина и волн Пуанкаре.

Волны Россби в открытых вращающихся каналах переменной глубины

Григорян Н.В., Рахманов И.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Гурченков А.А.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
rahmanov.math@gmail.com

Вращение Земли прямым образом оказывает воздействие на любые крупномасштабные явления в Мировом океане. Оно с учетом наличия берегов и дна переменной глубины, а также многих других физических явлений, способствует созданию различных типов волн в океане.

При движении частицы воды во вращающейся системе координат сила Кориолиса действует по нормали к скорости частицы. Таким образом возникает дополнительное движение по окружности. Градиент давления вместе с силой Кориолиса приводят к возникновению волновых движений. При значимом воздействии силы тяжести возникают гравитационно-гироскопические волны, приводящие к образованию планетарных волн Россби. Волны Россби локализуются в узкой экваториальной зоне, охватывая всю водную толщу. Длины волн Россби достигают тысяч километров, а периоды - десятки суток. За счет боковых границ и переменной глубины возникают различные типы береговых волн - топографические волны Россби, краевые, шельфовые, волны Кельвина.

В работе рассматриваются волны малой амплитуды в бассейнах простых геометрических очертаний. В такой упрощенной постановке задач удается получить аналитические решения и тем самым выяснить некоторые общие закономерности движения волн. Одной из таких задач является распространение волн в канале переменной глубины и неограниченной длины.

Волновые движения жидкости в прямоугольном канале шириной 2b, переменной глубиной H(y), и неограниченной длиной вдоль оси x, находящейся в состоянии равномерного вращения с угловой скоростью ω_0, описываются уравнениями «теории мелкой воды». Упростив, получим систему дифференциальных уравнений, с краевыми условиями, выведенными из условия не протекания стенок канала.

Дальнейшие преобразования приводят к дифференциальному уравнению для определения функции η – формы свободной поверхности, а также необходимое краевое условие.

Решение дифференциального уравнения ищется в виде бегущей волны вдоль оси x с частотой ω и волновым числом k. Исследуем влияние наклона дна на динамику волн. Рассмотрим прямолинейный канал с медленно меняющейся глубиной в направлении оси Oy. Введём малый параметр s, для создания слаболинейной зависимости наклона дна от y. Преобразуем полученное ранее уравнение в уравнение амплитуд. Использование граничных условий приводит к дисперсионному уравнению, которое содержит три множителя.

Показано, что первые два множителя не изменились при переходе от задачи для плоского дна ($s = 0$). Иначе говоря, при малых значениях s наклон дна не влияет на волну Кельвина. Корни ω, соответствующие нулям третьего множителя, можно разбить на два класса. К первому классу отнесем частоты, превосходящие параметр Кориолиса (высокочастотные волны), ко второму классу – частоты, имеющие порядок наклона дна. В первом случае таким частотам соответствуют волны Пуанкаре, которые не подвержены влиянию слабого наклона дна.

Второй класс частот (низкие частоты), для которых член ω^2 пренебрежимо мал, приводит к дисперсионному соотношению, описывающему топографическую волну Россби. Для существования волны Россби необходимо как наличие наклона дна, так и отличие от нуля параметра Кориолиса. Волна представляет собой низкочастотное колебание, период которого больше периода вращения системы координат. Интересно отметить, что фазовая скорость волны Россби в направлении параллельном.

Численное моделирование перехода скорости потока через скорость звука в детонационном двигателе

Кононов Д.С.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Гидаспов В. Ю.
МАИ, каф. 806
dr.kononoff@yandex.ru

Важным этапом при разработке двигателей является стадия математического моделирования течения реагирующего газа в его контуре. Целью данной работы является получение недостающих термодинамических параметров, соответствующих режиму перехода скорости потока через скорость звука и моделирование работы двигателя при осуществлении данного перехода. В сопло подается сверхзвуковой поток, встречающий в контуре ударную волну. Вопросы, связанные с инициированием ударной волны, не рассматриваются, эффекты теплопроводности, вязкости и диффузии не учитываются. Поток состоит из смеси «водород-воздух». Варьировалась либо начальная скорость, либо координата постановки ударной волны.

Неравновесное течение в сопле описывается системой дифференциально-алгебраических уравнений.

Решение системы уравнений зависит от величины расхода Q_0. Производя при интегрировании данной системы вычисление значений выражений правой и левой частей уравнения скорости потока, можно наблюдать следующую картину:

– при $M = 1$ и неравенстве нулю правой части уравнения скорости потока решения нет, для приближения к моделированию прохождения особой точки расход требуется увеличить, либо передвинуть координату ударной волны дальше от начальной точки исследуемого контура;

– при $M \neq 1$ и неравенстве нулю правой части уравнения скорости потока решение есть, для приближения к моделированию прохождения особой точки расход требуется уменьшить, либо передвинуть координату ударной волны ближе к начальной точке исследуемого контура;

– при $M = 0$ и равенстве нулю правой части уравнения скорости потока существует решение, соответствующее конфигурации с переходом через скорость звука – исследуемая конфигурация.

Моделирование третьей конфигурации в работе осуществлялось путем многократного проведения расчетов первой и второй конфигураций в алгоритме «пристрелки».

Данный алгоритм позволил получить картину течения потока в канале с переходом через скорость звука с соблюдением всех необходимых известных физических законов, кроме закона сохранения импульса на небольшом участке при переходе через скорость звука.

Варьирование координаты ударной волны и скорости являются взаимно обратными задачами. Так же для некоторых конфигураций режим прохождения особой точки получить не удалось, что должно стать предметом дальнейшего исследования реализации математической модели.

Численное исследование газодинамического тракта CO-лазера с подвижной стенкой в канале тракта

Иванов И.Э., Назаров В.С.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Иванов И.Э.
МАИ, каф. 806
naz.vladislav@yandex.ru

Работа посвящена численному моделированию течения газа в клиновидном канале CO-лазера, один из участков верхней стенки которого колеблется. Для моделирования течения газа использовалась система уравнений Навье-Стокса. Для решения данной системы уравнений использовался метод Годунова, модернизированный для

использования на регулярных подвижных сетках. Приведены результаты математического моделирования неустановившихся сверхзвуковых течений газа в канале CO-лазера с учетом колебания одной из стенок канала.

Ключевые слова: газодинамический канал, зона разряда, пограничный слой, поток газа, анодная решетка.

Введение.

В ходе серии экспериментов на макете сверхзвукового газоразрядного CO-лазера с предионизацией электронным пучком экспериментально полученная мощность излучения оказалась меньше расчетной. Эксперименты показали, что в поперечном сечении выходного излучения пучок имеет ряд участков повышенной и пониженной интенсивности. Форма пучка сильно отличалась от кольца. Причину такой неоднородности интенсивности излучения можно объяснить образованием областей разрежения в рабочей смеси газов CO-лазера.

Численное моделирование.

Математическая модель.

Физическая модель среды представляет собой вязкий, теплопроводный термодинамически совершенный газ. Геометрия расчетной области представлена на , при этом учитывалось, что вместо анодной решетки стоит сплошная пластина. Математическая модель процесса основана на системе нестационарных двухмерных уравнений Навье-Стокса.

Система уравнений решалась на подвижной регулярной сетке следующим образом: конвективные члены аппроксимировались по схеме Годунова первого порядка точности с использованием приближенного метода HLL решения задачи о распаде произвольного разрыва, члены, отвечающие за вязкий перенос, аппроксимировались с помощью аналога центральных разностей. На верхней и нижней стенках введены условия прилипания, стенки считаются изометрическими.

Численный алгоритм и программный код реализованный на языке C++ в системе Qt Creator оттестирован на решении задач, имеющих аналитические решения. Газодинамическая часть (уравнения Эйлера) тестировалась на решении задачи о распаде произвольного разрыва (тест Сода), уравнения Навье-Стокса тестировались на решении задачи о ламинарном пограничном слое на плоской пластине (течение Блаузиуса).

Выводы.

В данной работе численно исследовано влияние, которое оказывает колебание верхней стенки на поток газа в канале. Показано, что колебание стенки увеличивает толщину пограничного слоя в течении. Таким образом, расчетным путем подтверждена гипотеза о причине понижения скорости в канале вблизи колеблющейся стенки. Можно полагать, что причина понижения скорости в верхней части газодинамического тракта сверхзвукового газоразрядного CO-лазера кроется именно в колебании анодной решетки.

Численное моделирование рабочих параметров экспериментальной установки по изучению образования наледи на поверхности летательного аппарата

Платонов И.М., Янышев Д.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Никитин П.В.
МАИ, каф. 204
platonov@mai.ru

Разработка и создание экспериментального оборудования для воспроизведения и изучения характера физико-химических процессов, происходящих при эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники требует многолетнего опыта проведения экспериментальных исследований в данной области и представления о характере изучаемого явления. Эффективным дополнением к подобному подходу при разработке экспериментальных стендов и установок является численное моделирование изучаемых в ходе эксперимента процессов, позволяющее еще на этапе формулировки целей и задач исследования определить возможный диапазон и характер параметров, обосновать

основные требования к геометрическим и энергетическим характеристикам самой экспериментальной установки.

В качестве иллюстрации подобного подхода в данной работе предлагается методика численного моделирования параметров течения воздуха в установке по изучению образования льда на поверхности элементов конструкции летательного аппарата. Таким образом, целью данного исследования было проведение предварительного численного моделирования течения в установке для исключения запирания потока и определение параметров истекающей струи.

Установка представляет собой трубу длиной 1000 мм и диаметром 400 мм, на вход которой подается воздух от ресивера, переходящая в конус длиной 800 мм и конусностью 400 мм на 200 мм, а затем труба длиной 1000 мм и диаметром 200 мм. Далее исследуется область истечения, в которую помещается исследуемый образец.

Рассматриваемая задача является осесимметричной, поэтому при моделировании рассматривалась область сектором в 90 градусов. Рабочее тело в расчетах задавалось как идеальный газ. На входе в расчетную область задавалась начальная температура и скорость. Образование твердой фазы воды из воздуха не учитывалось.

Для определения диаметра невозмущенной части течения в выходном канале установки было проведено исследование величины пограничного слоя, образование которого уменьшает реальный диаметр рабочей части потока. Проведенное исследование показало, что величина пограничного слоя в выходном канале составила не более 5% от диаметра канала, что дает возможность считать поток равномерным.

По результатам проведенного расчета были получены поля скорости, температуры и давления, как в канале установки, так и на срезе сопла и в зоне истечения при нормальном атмосферном давлении окружающей среды.

Результаты численного моделирования показывают, что в конической части канала происходит ускорение потока до звукового. При расчете течения в прямой части трубы выявлены косые и прямой скачки. На выходном срезе поток ускоряется практически до значения M=3, с соответствующим такому течению падением температуры и давления.

Полученные результаты численного моделирования параметров истекающего потока позволяют определить возможные места размещения в струе исследуемых образцов.

Раздача потока в системе разветвляющихся каналов

Стратула Б.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Дубравин Ю.А.
МАИ – НИУ, каф. ИФ
stratula@matway.net

Рассматривается система каналов произвольных поперечных сечений и произвольной ориентации, но с осями, сходящимися в общую точку – область. В одном из каналов, в сечении близком к этой области, заданы все газодинамические параметры потока. Ставится задача: найти распределение этого потока по остальным каналам с определением всех параметров состояния в них.

Впредь, область сходящихся осей каналов рассматривается как локальная зона перестройки потока из одного – начального – состояния в другие, заканчивающиеся в совокупности поперечных сечений остальных каналов. При этом вся зона трактуется как совокупность трубок тока начинающихся и заполняющих все сечение канала с известными параметрами состояния. В каждой из трубок тока поток испытывает локальные воздействия в виде: изменения площади сечения, отклонения потока от начального направления на заданный угол, возможен подвод – отвод тепла и, наконец, любое изменение состояния потока сопровождается диссипативными потерями. Все сказанное позволяет отождествлять течение в каждой трубке тока с течением в канале, состоящем из двух участков одномерных течений, связанных локальным участком перестройки потока за счет перечисленных выше воздействий. Подобная трактовка течения и моделирование ее на основе законов сохранения в интегральной форме

приводит к незамкнутой системе уравнений. В числе «лишних» неизвестных: среднее давление на «скачке площади канала», сама величина «скачка площади», доля от общего потока в рассматриваемой трубке тока и, наконец, неизвестна реакция стенки канала, разворачивающая поток в трубке тока на заданный угол.

Дополнительные соотношения, замыкающие систему законов сохранения, в работе получены обобщением метода [1, 2] на течения в каналах, сходящихся в один узел. Применительно к рассматриваемой задаче метод сводится к утверждению о независимости термодинамической функции – коэффициента восстановления давления – от скачка площади канала и угла отклонения потока от первоначального направления. Совокупность аналитических выражений этих условий для каждой трубки тока объединяются в общую систему уравнений условием равенства средних давлений в общей зоне перестройки потока. В принятой модели последнее условие позволяет оценить роль гидродинамической интерференции и распределить исходный поток между «веером» каналов с учетом особенностей конструкции.

Задача сформулирована для модели сжимаемой жидкости с уравнением состояния Клапейрона – Менделеева. Решение представлено в виде системы нелинейных алгебраических уравнений – следствия выводов 1 – го и 2- го начал термодинамики и связей между параметрами состояния, вытекающих из системы законов сохранения. Вариант этих соотношений для несжимаемой жидкости (при числах Маха $M<<1$) позволяет решить задачу аналитически полностью в явном виде.

Представленная модель может быть использована для расчета и проектирования элементов гидро – газоавтоматики, газотранспортных трубопроводных систем, системы каналов горных выработок и т. п., при решении задачи о распаде произвольного разрыва.

Литература

1. Дубравин Ю. А. Условия в узлах одномерных течений газа// ПМТФ, 1995, №4. С.98-109.

2. Беклемишев Н. Н., Дубравин Ю. А. Прикладная гидро-газодинамика внутренних течений. Специальные задачи. М.: Изд. МАИ, 2016, 167 с.

Численное моделирование гиперзвукового обтекания затупленных тел в условиях атмосферы Земли и Марса

Сухарев Т.Ю.

Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Ревизников Д.Л.

МАИ, каф. 806

timur.suxarev@yandex.ru

Движение летательных аппаратов (ЛА) с гиперзвуковой скоростью сопровождается многообразием взаимосвязанных физико-химических процессов, протекающих в ударном слое. Возможности наземных экспериментальных исследований гиперзвуковой аэро-термодинамики ограничены сложностью воспроизведения реальных условий по всем параметрам подобия. Применительно к движению ЛА в атмосфере Марса необходимо учитывать эрозионное воздействие двухфазного потока на обтекаемую поверхность. Все это обусловливает особую роль, которую играет численное моделирование при проектировании тепловой защиты. К настоящему времени разработаны достаточно точные алгоритмы, реализованные в CFD программных кодах. Однако полный учет многообразия физико-химических процессов в ударном слое существенно усложняет вычислительный процесс. В этой связи актуальным представляется выбор компромиссных моделей, обеспечивающих достаточную точность при приемлемых вычислительных затратах.

В настоящей работе проводится сравнительный анализ математических моделей газовой среды с позиций теплового и эрозионного (для атмосферы Марса) воздействия гиперзвукового потока на обтекаемое тело. Рассматриваются модели химически неравновесного газа и совершенного газа с эффективным показателем адиабаты.

Компьютерное моделирование производилось путем численного решения уравнений Навье-Стокса с использованием пакета вычислительной гидродинамики

ANSYS Fluent, расширенного моделями химической кинетики для соответствующих атмосферам Земли и Марса смесей газов. Для моделирования динамики дисперсной фазы применялся дискретно-траекторный метод, реализованный в авторском программном коде на языке C++. Были проведены расчеты химически неравновесного ударного слоя для вариантов с некаталитической (по отношению к рекомбинации атомов) и абсолютно-каталитической поверхностью.

Как и следовало ожидать, тепловой поток, рассчитанный по модели совершенного газа, во всех рассчитанных вариантах близок к тепловому потоку для абсолютно-каталитической поверхности, оставаясь немного выше этой величины. Важно отметить, что время расчета по химически-неравновесной модели в несколько раз превышает время аналогичного расчета по модели совершенного газа, а при приближении к условиям химического равновесия это отличие усиливается в связи с повышением жесткости системы уравнений химической кинетики.

Если при расчете тепловых нагрузок модель совершенного газа дает сильно завышенные оценки в случае существенно неравновесного ударного слоя на поверхностях с низкой каталитической активностью, то применительно к расчету эрозионного воздействия эта модель является достаточно точной. Показано, что в широком диапазоне размеров частиц для различных условий в набегающем потоке отличие в определении скорости частиц по моделям химически неравновесного и совершенного газа не превышает 10 %.

Результаты, полученные в ходе проведенных вычислительных экспериментов, могут найти свое применение при проектировании теплозащитных конструкций летательных аппаратов, движущихся с гиперзвуковой скоростью.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-08-06262а).

Визуализация результатов моделирования рабочего цикла импульсного детонационного двигателя

Тишкин В.С.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Северина Н.С.
МАИ, каф. 806
vladimir.tishkin@mail.ru

При выполнении математического моделировании какого-либо объекта или физического процесса, возникает необходимость не только в правильной математической постановке задачи и подходящих методах её решения, но и в удобных способах визуализации полученных результатов.

Целью данной работы стала разработка системы графической поддержки программного комплекса моделирования квазиодномерных нестационарных течений реагирующего газа, разработанного на кафедре Вычислительной математики и программирования.

Объектом математического моделирование выступает импульсный детонационный двигатель - труба, с тяговой стенкой, оборудованная системой подачи топливно-воздушной смеси. Цикл его работы включает в себя стадии подачи топливно-воздушной смеси, инициирования детонации, распространения детонационной волны с сжиганием топливно-воздушной смеси, продувки.

При выполнении расчетов используется сеточно-характеристический метод или послойный метод характеристик, который позволяет отслеживать положение и перепады параметров для всех типов разрывов. Численные результаты моделирования цикла работы импульсного детонационного двигателя представлены в виде многомерной таблицы, полностью описывающей процесс, происходящий в последнем. В её структуре явно прослеживаются преимущества метода, используемого для расчета, а именно: динамически подбираемые шаги по временной и пространственной переменным, возможность точного вычисления взаимодействующих узлов системы, сохранение только тех данных, которые подвержены наибольшему изменению и т.д.. Несомненно, огромный

объем выходных данных, а так же их высокая сложность, создает большие трудности в процессе анализа полученного решения поставленной задачи.

Для уменьшения трудоемкости изучения представленного набора чисел был использован метод многомерного статистического анализа, а именно - метод понижения размерности. Разработанное прикладное программное обеспечение производит обработку данных, уменьшая количество независимых параметров с произвольного числа, до двух- или трехмерного случая.

В ходе визуализации результатов работы стандартными средствами могут быть получены следующие виды графиков: зависимость произвольного параметра системы от координаты при фиксированном времени, зависимость произвольного параметра системы от времени для каждой из линий, зависимость времени от координаты для каждой линии и зависимость произвольного параметра от времени и координаты.

Для предварительного ознакомления с решением задачи отлично подойдут трехмерные графики. Они наглядно и полностью отражают картину изменения выбранной физической величины во времени на протяжении всей установки.XT-диаграмма позволяет проанализировать взаимодействия газодинамических волн, образующихся в процессе работы моделируемого объекта. А в целях более детального анализа может быть использована AlongId-диаграмма, отражающая изменения в течении времени конкретного физического параметра системы в точках определенной волны.ConstT-диаграмма даёт возможность анализа произвольных величин установки при выбранном времени.

Таким образом, использование разработанного программного пакета упрощает анализ численных данных и позволяет сократить время их обработки, тем самым, повышая эффективность научно-исследовательской работы.

Применение оптических разрядов в аэрофизическом эксперименте

Соловьев Н.Г., Шилов А.О.
Научный руководитель – в.н.с., д.ф.-м.н. Якимов М. Ю.
ИПМех РАН, лаборатория лазерных разрядов
shilov@lantanlaser.ru

Развитые к настоящему времени технологии организации оптических разрядов позволяют рассчитывать на расширение возможностей их применения для целей аэрофизического эксперимента. В докладе обсуждаются примеры использования оптических разрядов для создания высокоэнтальпийных потоков газа, генерации пучков атомов с высокой энергией, управления потоками при сверхзвуковом обтекании и другие.

Для многих практических задач микроэлектроники, фотохимии, спектроскопии, фотометрии, аналитического приборостроения и многих других требуются непрерывные или квазинепрерывные источники излучения с равномерно высокой спектральной яркостью в диапазоне от вакуумного УФ до ближнего ИК, отличающиеся высокой временной и пространственной стабильностью характеристик. При этом зачастую оказывается нежелательной спекл-картина в поле засветки, характерная для лазерных источников.

Наиболее близкими к реальному применению для решения, например, задач спектроскопии или визуализации градиентов плотности в потоках газа на сегодняшний день могут считаться плазменные источники излучения на основе оптического разряда. Малые линейные размеры плазмы оптического разряда в сочетании с очень высокой яркостью позволяют повысить чувствительность и разрешающую способность оптических приборов, а также эффективно использовать волоконную оптику для подвода излучения.

Авторы доклада разработали оригинальный метод стабилизации плазмы оптического разряда в скрещенных сфокусированных пучках диодных лазерных модулей, отличающийся рядом преимуществ, и создали на его основе широкополосный источник излучения. Устройство позволяет реализовать непрерывный, импульсно-периодический и гибридный режимы поддержания оптического разряда, расширяющие диапазон его применения. Приводятся характеристики разработанного источника излучения и обсуждаются возможности его применения в экспериментальной технике.

Оказалось, что поддержание непрерывного оптического разряда в схеме пересекающихся лучей обладает рядом преимуществ, создающих новые возможности повышения температуры и управления характеристиками плазмы НОР.

Комбинированные непрерывный и импульсно-периодический оптические разряды в пересекающихся под углом сфокусированных лазерных лучах позволяют при той же мощности излучения в десятки раз увеличить яркость излучения плазмы. Комбинация непрерывного и импульсно-периодического лазера автоматически снимает ограничение снизу на частоту повторения импульсов в ИПОР.

Секция «Теоретическая механика и дифференциальные уравнения»

О бифуркации решений нелинейной краевой задачи для возмущённого уравнения маятникового типа

Аванесова А.С., Емельянов А.В.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Байков А.Е.
МАИ, каф. 803
stouki@mail.ru

Рассматривается краевая задача для уравнения маятникового типа с условиями первого рода. К подобным математическим проблемам приводят задачи оптимального управления и вариационного исчисления, а уравнения маятникового типа встречаются в огромном числе механических и физических моделях. Отметим, что невозмущённое уравнение допускает интегрирование в квадратурах, поэтому вопрос о нетривиальных решениях однородной краевой задачи сильно упрощается. Для исследования применяется вариационная теория. В простейшем случае, когда нелинейный член в уравнении монотонно зависит от неизвестной функции, решение краевой задачи существует, единственно, непрерывно зависит от возмущения (другими словами, задача корректна по Адамару) и его можно найти стандартными приближённо-аналитическими или численными методами. Тем не менее, создан метод нелинейного разложения решения, обобщающий известный метод Ритца. Если в последнем решение раскладывается по заданному базису функционального пространства, то в методе нелинейного разложения оно представляется многоуровневой композицией, заданной некоторой нейросетью, в которой веса связей играют роль коэффициентов композиции. При этом правая часть задаётся в виде многомерного вектора (значений функции в избранных точках), затем обрабатывается на свёрточном слое, а последующие слои формируют решение. Обучение сети происходит самостоятельно и заключается в том, что сгенерированное сетью приближённое решение специальным образом обрабатывается, сравнивается с входной правой частью по обратной связи, а затем обучающий алгоритм корректирует веса. Таким образом, существует два режима работы сети: с обучающим итерационным процессом, описанным выше, и без него, когда сеть строит приближённое решение при одном проходе и отключённой обратной связи. Метод нелинейного разложения реализован на компьютере с помощью библиотеки машинного обучения TensorFlow. Предложены обучающая и тестовая выборки для разных нелинейных членов. На основе нелинейного функционального анализа разработана теория бифуркаций краевой задачи, исследованы конкретные ситуации, когда происходит бифуркация решений при изменении параметров в нелинейном члене уравнения. Также изучена общая фредгольмова разрешимость, когда краевая задача имеет конечномерное многообразие решений. Оказалось, что предложенный метод можно адаптировать для отслеживания бифуркации и построения нескольких решений. В отличие от классических методов нелинейное разложение позволяет эффективно решить краевые задачи при бифуркации.

Исследование устойчивости положения равновесия в фотогравитационной задаче Ситникова

Авдюшкин А.Н.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Бардин Б.С.
МАИ, каф. 802
79261615884@ya.ru

Рассматривается фотогравитационная задача Ситникова – частный случай ограниченной фотогравитационной задачи трех тел. Исследуется вопрос об устойчивости по Ляпунову тривиального положения равновесия тела малой массы, расположенного в барицентре системы из двух гравитирующих и излучающих тел с равными конечными массами. Параметрами задачи являются эксцентриситет орбиты и коэффициент редукции массы.

Ранее на основе анализа корней характеристического уравнения системы в вариациях были построены области неустойчивости в плоскости параметров задачи. Расчеты показали, что данные области являются очень узкими, поэтому был разработан специальный алгоритм, позволяющий численно находить границы указанных областей с высокой точностью.

Наиболее трудно получить границы областей неустойчивости при малых значениях эксцентриситета. В этом случае можно применить аналитические методы для построения уравнений границ в виде сходящихся рядов по степеням малого параметра (эксцентриситета орбиты). С этой целью гамильтониан, линеаризованный в окрестности положения равновесия системы, был приведён к нормальной форме. Нормализация гамильтониана выполнялась при помощи известных методов Биркгофа и Депри-Хори. В случаях, когда нормализацию необходимо проводить до членов выше второй степени эксцентриситета, применение указанных методов приводит к громоздким вычислениям. Поэтому в системе аналитических вычислений Maple был разработан программный модуль, реализующий метод Депри-Хори и позволяющий получать нормальную форму функции Гамильтона до членов любой степени эксцентриситета. Это позволило получить границы для всех областей неустойчивости, существующих в данной задаче, при малых значениях эксцентриситета. При этом в зависимости от типа резонанса нормализация проводилась до членов некоторой конечной степени (максимум пятой) разложения гамильтониана в ряд по степеням эксцентриситета. Уравнения границ были получены на основе решения задачи об устойчивости равновесия нормализованной системы, и представляют собой зависимости, связывающие коэффициент редукции массы и эксцентриситет орбиты.

Сравнение границ областей неустойчивости, полученных аналитически, с границами, построенными численно, показало хорошее согласование результатов аналитического и численного анализа устойчивости тривиального положения равновесия фотогравитационной задачи Ситникова.

Исследование выполнено в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете) в рамках выполнения государственного задания (проект № 3.3858.2017/ПЧ).

Численное решение сингулярно возмущенной краевой задачи для систем дифференциальных и дифференциально-алгебраических уравнений

Афанасьева М.Н.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Кузнецов Е.Б.
МАИ, каф. 803
mary.mai.8@yandex.ru

При решении нелинейных краевых задач для систем дифференциальных и дифференциально-алгебраических уравнений с запаздывающим аргументом особую сложность вызывают сингулярно возмущенные краевые задачи. Данные задачи характеризуются наличием малого параметра перед старшей производной. Подобные

задачи получили широкое распространение в теории упругости, электронике, теории управления, биологии, и встречаются, например, при моделировании процессов передачи информации или массы, сопровождающиеся наличием запаздывания.

В предлагаемом подходе рассматриваемая задача преобразуется с помощью конечно-разностного представления производных. При рассмотрении системы дифференциально-алгебраических уравнений решение строится с учетом того, что функции системы являются функциями наилучшего аргумента.

Для решения краевой задачи используется метод пристрелки (стрельбы). Для отыскания введенного в вышеуказанном методе параметра пристрелки (стрельбы) используется метод Ньютона. Для успешной сходимости метода Ньютона требуется удачно выбрать начальное приближение, которое должно быть достаточно близко к корню, что зачастую вызывает трудности. Для обеспечения успешной сходимости метода вводится дополнительный параметр и для преобразованной задачи применяется метод продолжения по параметру в форме Лаэя. Однако в случае сингулярно возмущенной задачи применение данного подхода для нахождения параметра пристрелки некорректно, так как кривая решений в этом случае содержит предельные точки и метод может расходиться. Тогда для корректного отыскания параметра пристрелки вводится новый параметр (наилучший параметр), и решение строится, продвигаясь по последовательности значений введенного наилучшего параметра. Такой подход позволяет обеспечить сходимость метода Ньютона, а также найти все возможные значения параметра пристрелки.

На каждом шаге метода стрельбы для каждого найденного значения параметра пристрелки решается задача Коши. Для решения начальной задачи используется метод Рунге-Кутты четвертого порядка точности.

Также одной из особенностей рассматриваемой задачи является наличие запаздывающего аргумента. Если значение точки запаздывания совпадает с узловой точкой сетки разбиения метода продолжения, дополнительных вычислений не требуется, используется вычисленное на одном из предыдущих шагов значение. В противном случае для вычисления значения функции в точке запаздывания используется метод интерполяции в форме Лагранжа по трем точкам.

На численных примерах также было исследовано, что при достаточно большом значении малого параметра (не менее 0.1), решение поставленной задачи может быть получено без введения наилучшего параметра, решение в этом случае может быть получено с помощью метода продолжения по параметру в форме Лаэя.

Таким образом, данный подход позволяет найти все возможные решения при решении сингулярно возмущенных уравнений с запаздывающим аргументом при любом значении малого параметра при старшей производной, что не всегда удается сделать с помощью других методов решения подобных краевых задач.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-08-00943.

Исследование устойчивости стационарных вращений гироскопа Лагранжа с вибрирующей точкой подвеса

Беличенко М.В.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Холостова О.В.
МАИ, каф. 802
tuzemec1@rambler.ru

В работе рассматривается движение гироскопа Лагранжа в однородном поле тяжести, в предположении, что точка подвеса гироскопа совершает заданное высокочастотное периодическое движение малой амплитуды. Получена приближенная автономная система уравнений движения в форме канонических уравнений Гамильтона. Рассматриваются решения приближенной системы, представляющие собой вращения гироскопа вокруг оси симметрии, которая занимает фиксированное положение. Рассмотрены три случая движения точки подвеса. Первый случай представляет собой движение, допускающее стационарные вращения вокруг вертикали. Второй случай –

движение точки подвеса вдоль наклонной прямой. Третий случай включает в себя движение в вертикальной плоскости и движение по наклонённому эллипсу, одна из осей которого горизонтальна. Найдены условия существования стационарных вращений и решён вопрос об их устойчивости в линейном приближении. Для первого случая движения точки подвеса проведён нелинейный анализ устойчивости.

Получено, что для первого случая движения может существовать от два, четыре или шесть стационарных вращений, два из которых представляют собой вращения вокруг осей, занимающих нижнее и верхнее вертикальные положения, а другие четыре – вращения около наклонных осей, которые делятся на два типа. Вращения каждого типа представляют собой вращения вокруг симметричных относительно вертикали осей, причём плоскости, в которых лежат оси первого и второго типов перпендикулярны. Показано, что если существует два стационарных вращения, то одно из них (вращение вокруг нижней вертикали) устойчиво, а второе (вращение вокруг верхней вертикали) может быть стабилизировано при условии, что частота вращения превышает некоторое значение. В случае, когда существуют четыре вращения, может быть либо так, что вращение вокруг нижней вертикали неустойчиво, вращение вокруг верхней вертикали может быть стабилизировано с помощью частоты вращения, а вращения вокруг боковых осей устойчивы, либо вращение вокруг нижней вертикали устойчиво, вокруг верхней – неустойчиво, а вращения около боковых осей могут быть стабилизированы. Когда существуют шесть стационарных вращений, два из них устойчивы, два неустойчивы, а два могут быть стабилизированы с помощью частоты вращения. Полученные результаты согласуются с уже существующими результатами, в частности, для случая отсутствия вибраций полученное условие устойчивости вращения вокруг верхней вертикали совпадает с условием Маиевского-Четаева.

Для второго случая исследование показало, что может существовать либо два, либо четыре стационарных вращения, при которых оси вращения лежат в вертикальной плоскости, содержащей прямую, вдоль которой движется точка подвеса. В случае, когда существуют два вращения, одно из них устойчиво, а другое может быть стабилизировано за счёт частоты вращения. Если в системе присутствуют четыре вращения, то два из них устойчивы, одно неустойчиво, и одно может быть стабилизировано.

Для третьего случая движения показано, что система может иметь два, четыре или шесть стационарных вращений, причём результат исследования устойчивости для части из них аналогичен предыдущему случаю, а два других представляют собой вращения вокруг наклонных осей, симметричных относительно плоскости, содержащей оси остальных вращений и вертикаль.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект No14-21-00068) в Московском авиационном институте (Национальном исследовательском университете).

Динамика давления внутри приборного контейнера космического аппарата негерметичного исполнения

Белякова Н.Г., Зайцев П.А.
Научный руководитель – доцент, д.т.н.Чиров А.А.
МАИ, каф. 803
p.zaytsev@list.ru

В настоящее время большинство высокоорбитальных космических аппаратов (КА) оснащаются приборными отсеками негерметичного исполнения (НГПО). Эти отсеки обычно представляют собой объём прямоугольной или кубической формы, на гранях которого имеются специальный вентиляционные отверстия, конструктивно выполненные в виде щелей или круглых отверстий, обеспечивающие выход газа из внутренней полости. Согласно техническим условиям, включение бортовой аппаратуры (особенно высоковольтной) допускается при снижении давления остаточного газа внутри НГПО до некоторой определенной величины.

На стадии проектирования КА требуется иметь методику оценки времени снижения давления внутри приборного отсека до необходимого уровня при выводе КА на орбиту. Также нужно иметь представление о тех конструктивных параметрах геометрии отсека и свойствах используемых материалов, которые оказывают существенное влияние на время обезгаживания отсека.

В докладе предложена расчётная модель процесса снижения давления газа внутри НГПО высокоорбитального КА. Данная модель основывается на принятии трёх основных положений: 1) молекулярном режиме течения газа через вентиляционные отверстия отсека; 2) записи баланса массы газа между поступлением в объем отсека в результате газовыделения конструкционных материалов и выходом из него газа через специальные щели; 3) влияние процессов адсорбции и десорбции газа на процесс дегазации НГПО отсутствует.

Расчетная модель позволяет оценить время достижения давления внутри приборного контейнера, при котором допускается включение высоковольтной аппаратуры, после прохождения активного участка и выхода КА на орбиту. Показано, что основными причинами значительной продолжительности падения давления газа внутри контейнера, являются особенности процессов выделения различных газовых компонент из конструктивных материалов, находящихся внутри контейнера.

Исследование устойчивости перманентных вращений твердого тела с вибрирующим подвесом вокруг осей, лежащих в главной плоскости инерции

Вишенкова Е.А.
Научный руководитель – доцент, д.ф.-м.н. Холостова О.В.
МАИ, каф. 802
vishenkova@bk.ru

Рассматривается движение твердого тела в однородном поле тяжести. Одна из точек тела (точка подвеса) совершает высокочастотные гармонические колебания малой амплитуды вдоль вертикали. Предполагается, что центр масс тела лежит на одной из главных осей инерции для точки подвеса. Изучается влияние высокочастотной вибрации на устойчивость частных движений тела – перманентных вращений, при которых тело вращается вокруг одной из (расположенных вертикально) осей, лежащих в главной плоскости инерции, примыкающей к указанной оси. Исследование проводится в рамках приближенной автономной системы дифференциальных уравнений, записанной в форме канонических уравнений Гамильтона.

В четырехмерном пространстве допустимых значений параметров задачи (двух инерционных параметров и параметров, характеризующих угловую скорость перманентного вращения и частоту вибрации точки подвеса) проведен полный линейный анализ устойчивости, в ряде случаев найдены достаточные условия устойчивости. Область допустимых значений инерционных параметров разбита на девять подобластей; для каждой подобласти в плоскости двух других параметров построены характерные области выполнения достаточных и только необходимых условий устойчивости рассматриваемых движений. Проведено сравнение полученных результатов с известными результатами устойчивости аналогичных перманентных вращений тела с неподвижной точкой подвеса и описаны новые динамические эффекты, вызванные наличием быстрых вибраций.

В частности, обнаружено, что для случая расположения центра масс ниже точки подвеса появление вибрации способствует возрастанию нижней границы диапазона допустимых значений угловых скоростей. В случае расположение центра масс выше точки подвеса введением вибрации точки подвеса можно, в различных областях допустимых значений параметров, либо стабилизировать неустойчивые при отсутствии вибраций перманентные вращения или уменьшить нижнюю границу диапазона допустимых значений угловых скоростей, либо, наоборот, дестабилизировать перманентные вращения.

Для двух частных наборов инерционных параметров, отвечающих динамически симметричному телу и телу с геометрией масс для случая Бобылева-Стеклова, проведен подробный нелинейный анализ устойчивости. Рассмотрены нерезонансный случай, случаи резонанса третьего и четвертого порядка, а также случаи вырождения. В сечениях областей устойчивости в линейном приближении плоскостями, соответствующими фиксированному значению инерционного параметра, исследована эволюция областей и имеющихся в них резонансных кривых и кривых вырождения. На кривых резонанса третьего порядка исследуемые перманентные вращения неустойчивы, на кривых резонанса четвертого порядка найдены области устойчивости и неустойчивости.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 17-01-00123).

Построение модели двойного осциллятора, возбуждаемого сухим трением, на языке динамического моделирования Modelica.

Волков Е. В.
Научные руководители – профессор, к.ф.-м.н., Пунтус А.А.,
доцент, д.ф.-м.н. Степанов С.Я.
МАИ, каф. 803
evvolkov94@mail.ru

Фрикционные колебания для системы с одной степенью свободы в настоящее время достаточно хорошо изучены. В данной работе основной поставленной целью является разработка и исследование модели, состоящей из двух последовательно соединённых пружинами брусков на движущейся ленте, с двумя степенями свободы, что является основой исследования данной системы. Аналоги данной системы можно наблюдать во многих практических сферах действительности. Например, движение смычка по струне музыкального инструмента, работа специального аппарата, выгоняющего воздух в процессе укладки некоторой плёнки. В некоторых случаях происходят колебания, которые могут способствовать или нет реализации соответствующего ожидаемого результата, т.е. в определённом смысле полезные для достижения требуемого результата или оказывать вредное воздействие на работу системы. Исследования предполагается проводить при различных значениях параметров, таких как упругость пружин, скорости движения в области, в которой находится система, и других параметров. С помощью данной модели двух последовательно соединённых брусков на движущейся ленте, проводится исследование и определение результатов по вопросам, поставленным в более объёмной задаче и получение соответствующих выводов. В результате данного исследования предполагается составление программы расчёта с включением в данную программу параметров, определяющих цель и результаты данного исследования. А именно, предполагается исследование при различных допустимых скоростях движения брусков на движущейся ленте, при различных значениях упругости пружин, последовательно соединяющих бруски при наличии двух степеней свободы исследуемой модели и с учётом сухого трения при рассматриваемом движении модели данного двойного осциллятора. Особенностью программы расчёта является тот факт, что она составляется на базе использования языка динамического моделирования Modelica. По результатам расчёта данной модели на рассматриваемом и используемом языке динамического моделирования предполагается получение, построение и исследование закономерностей и зависимостей, определяющих соответствие данных параметров, необходимым ожидаемым результатам, и построение полученных графических зависимостей. В итоге данного расчёта также предполагается получение соответствующих свойств и характеристик исследуемой модели соединённых пружиной брусков, а также характера влияния движения ленты на колебания находящихся на ней двух брусков с учётом фактора наличия у них двух степеней свободы. В итоге предполагается сделать анализ полученных результатов, сделать необходимые выводы и сформулировать рекомендации по дальнейшему исследованию данной модели двойного осциллятора с проведением оценки корректировки параметров исследуемой системы и возможного её дальнейшего совершенствования.

Анализ финитных солитонов в уравнении Бенджамина – Уизема

Геворгян А.А.
Научный руководитель – профессор, д.ф-м.н., проф. Кулагин Н.Е.
МАИ, каф. ПМИТиЭ
anigev1@gmail.com

Распространение акустических импульсов в заполненных сжимаемой жидкостью упругих трубах приближенно описывается уравнением Бенджамина – Уизема, которое представляет собой гамильтонову систему с двумя степенями свободы.

Однако при переходе к малым скоростям в системе нарушается аналитичность, что в пределе приводит к возникновению локализованных решений, обращающихся в нуль вне конечного пространственного интервала, - “финитных солитонов”. В работе исследуется асимптотическое поведение таких решений, и показано, что финитные солитоны могут существовать лишь при определенных (собственных) значениях параметра системы. Причем эти собственные значения параметра образуют счетную последовательность, а сами локализованные решения являются симметричными (отвечающие им решения проходят через имеющуюся у системы плоскость симметрии). Других локализованных решений не существует. Это связано с тем, что у нулевой особой точки имеется только одна входящая и одна выходящая траектории. Заметим, что нулевая особая точка является вырожденной – имеет пару нулевых и пару мнимых характеристических показателей. Причем вход и выход из нее имеет степенную асимптотику.

В работе найдена замена переменных, позволяющая перейти от неаналитической зависимости к аналитической. Это существенно облегчает анализ системы. В результате были найдены различные типы решений.

1. Были найдены решения типа импульсов (солитонов), т.е. такие, которые обращаются в нуль на бесконечности, а в силу неаналитической зависимости системы уравнений эти решения обращаются в нуль вне некоторого конечного пространственного интервала. Построены как односолитонные решения (имеющие один максимум), так и многосолитонные решения (с несколькими максимумами).

2. Периодические решения в значительной мере определяют структуру фазового пространства. Были построены периодические решения различной сложности как гиперболического, так и эллиптического типа.

3. Наличие периодических решений гиперболического типа открывает возможность существования гомоклинической траектории, которая и была построена.

4. Выделены области возникновения хаотического поведения решения, а также “островки устойчивости”, возникающие около периодических решений эллиптического типа.

Исследование устойчивости по Ляпунову центральной конфигурации в ограниченной задаче четырёх тел

Есипов П.А.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Бардин Б.С.
МАИ, каф. 802
esipov.p@mail.ru

Рассматривается ограниченная задача четырёх тел, т.е. предполагается, что три из четырёх взаимодействующих по закону всемирного тяготения тел имеют конечные массы, а масса четвёртого тела пренебрежимо мала. Известно, что уравнения движения тел в данной постановке задачи допускают частные стационарные решения, описывающие так называемые центральные конфигурации, когда все четыре тела располагаются в одной плоскости, в вершинах некоторого четырёхугольника. Движение происходит так, что четырёхугольник вращается относительно барицентра системы, не меняя своих размеров и формы. Существуют различные типы центральных конфигураций: квадрат, ромб, трапеция и др. В большинстве случаев центральные конфигурации неустойчивы, однако

встречаются и устойчивые центральные конфигурации. В частности, в работе Брумберга В. А. (Астрон. ж., 1957. Т. 34. № 1. С. 55-74) было установлено, что центральная конфигурация, для которой три тела конечной массы находятся в вершинах равнобедренного треугольника, а тело малой массы лежит на срединном перпендикуляре к его основанию, может быть устойчива в линейном приближении. В.А. Брумберг исследовал устойчивость трех возможных положений для тела малой массы на серединном перпендикуляре, два из которых расположены вне треугольника, образованного телами конечной массы, а одно – внутри треугольника. Оказалось, что устойчивость в линейном приближении может иметь место лишь в случае, когда тело малой массы располагается вне треугольника так, что центральная конфигурация из четырех тел образует выпуклый четырехугольник. В данной задаче имеет место критический случай теории устойчивости, когда из устойчивости в линейном приближении не следует устойчивости в полной системе, поэтому для строгого решения задачи требуется дополнительны анализ.

В настоящей работе исследуется задача об устойчивости данной конфигурации в строгом нелинейном смысле (по Ляпунову). Задача рассматривается в ограниченной постановке, когда учитываются только плоские возмущения тела малой массы, а движения тел конечной массы считаются известными. В этом случае уравнения возмущённого движения можно записать в виде автономной гамильтоновой системы с двумя степенями свободы. Нелинейный анализ устойчивости выполнялся по следующей схеме. Сначала была построена линейная каноническая замена переменных нормализующая квадратичную часть функции Гамильтона, а затем методом Бирхгофа была выполнена нелинейная нормализация гамильтониана до членов четвёртой степени в в его разложении в ряд в окрестности невозмущённого движения (рассматриваемой центральной конфигурации). На основании анализа коэффициентов нормальной формы функции Гамильтона при помощи теоремы Арнольда – Мозера были получены выводы об устойчивости по Ляпунову данной центральной конфигурации.

Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания (проект № 3.3858.217/ПЧ).

Устойчивость движения гиростата, содержащего упругие и диссипативные элементы

Кренделев В.О.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Черноусько Ф.Л.
МФТИ, каф. МиПУ
ИПМех РАН, лаб. МУС
tokin2008@yandex.ru

Задачи устойчивости движений твердых тел представляют особый интерес в авиакосмической индустрии. Так, результаты, полученные при решении задач устойчивости движений твердых тел, необходимы при создании систем стабилизации и управления движением спутников и космических аппаратов. Одним из классов задач устойчивости движений твердых тел являются задачи устойчивости движений твердых тел, содержащих подвижные массы. К ним относятся тела, содержащие жидкость, роторы, гироскопы и т.д. В случае, когда движения внутренних масс не приводят к перераспределению масс всей системы, такие тела принято называть гиростатами.

В данной работе исследуется устойчивость движений свободного гиростата. Гиростат, здесь, представляет собой систему тел – несущее тело и ротор. Ротор установлен в твердых подшипниках на несущем теле. К одному из концов ротора прикреплена спиральная пружина. Диссипация энергии осуществляется за счет моментов сил вязкого трения в подшипниках. Ротор в несущем теле расположен под некоторыми углами к главным осям инерции. Из системы дифференциальных уравнений движения данной системы относительно ее центра масс, определяются возможные стационарные движения. Получаем, что реализуемые стационарные движения гиростата – его перманентные вращения вокруг одной из главных осей инерции.

Для исследования устойчивости полученных движений гиростата по первому приближению, необходимо линеаризовать систему уравнений движения. Составив характеристическое уравнение для полученной системы, обнаружим, что один из корней этого уравнения равен нулю. Отсюда делаем вывод, что из анализа линеаризованной системы можно получить лишь необходимые, но не достаточные условия устойчивости движения. Применив критерий Льенара – Шипара, получим необходимые условия устойчивости.

Для получения достаточных условий устойчивости воспользуемся прямым методом Ляпунова. Так как рассматривается движение свободного гиростата (т.е. главный момент внешних сил относительно центра масс равен нулю), то из исходной системы дифференциальных уравнений движения следует, что существует первый интеграл этой системы - квадрат длины вектора кинетического момента гиростата относительно центра масс. Также, отметим, что в силу наличия в гиростате диссипативных элементов, изменение полной механической энергии гиростата неположительно. Составим функцию Ляпунова в виде связки интеграла кинетического момента и кинетической энергии. Удовлетворив условия теоремы Ляпунова об устойчивости, получим достаточные условия устойчивости.

В результате получим, что стационарное вращение свободного гиростата будет устойчивым только в том случае, когда оно происходит только вокруг оси наибольшего главного момента инерции.

Исследование процесса испарения капель в нестационарной среде

Крысанов Н.О.
Научный руководитель – профессор, к.ф-м.н Пунтус А.А.
МАИ, каф. 803
nik1138@mail.ru

В настоящее время задача испарения капель встречается во многих областях науки и техники, таких, как химия, медицина, физика атмосферы, теплотехника, энергетика, синтез наночастиц, 3d-печать, теория горения, защита окружающей среды, пищевая промышленность. Часто возникает необходимость оценить время образования или полного испарения капли в нестационарной среде. Решение данной задачи позволяет оптимизировать различные процессы, такие, как покраска, получение нанодисперсных порошков, керамических материалов, ингаляция, работа двигателей внутреннего сгорания.

Классическая теория испарения не позволяет в полной мере объяснить результаты многочисленных экспериментов в данной области. Это обуславливается тем, что в реальных условиях сразу испаряется множество капель; процесс имеет нестационарный характер и протекает в среде с неравномерной температурой и концентрацией пара; капли неравномерно движутся по отношению к среде и в большей или меньшей степени деформируются, а внутри них возникает циркуляция; теплообмен между каплями и средой осуществятся различными механизмами (теплопроводностью, конвекцией, радиацией и электростатическими полями между каплями). Для корректного решения поставленных технических задач необходимо точно рассчитывать скорость испарения или роста хотя бы единичной капли в заданных начальных условиях. Испарение капли зависит от множества физических факторов, однако при создании любой физико-математической модели принимаются те или иные упрощающие предположения, избавляющие от необходимости учитывать часть факторов, жертвуя точностью решений.

Анализ множества существующих моделей испарения капель показал, что данные модели являются сильно идеализированными описаниями процесса, нуждающимися в ведении поправок в полученные уравнения, учитывающих влияние различных исключенных из рассмотрения факторов. Упрощения в большинстве случаев касаются нестационарных условий, описываемых частными производными. Данные условия могут в значительной степени влиять на конечный результат исследования той или иной модели. Однако данные условия приводят к интегрированию систем дифференциальных

уравнений в частных производных в ходе решения динамической модели. На сегодняшний день решение данных уравнений аналитически не всегда представляется возможным. Современные вычислительные методы позволяют получать численные решения нестационарных задач при определенных граничных условиях, в отсутствии возможности аналитического решения.

В настоящее время ведется работа по внедрению современных численных методов интегрирования дифференциальных уравнений в решение задачи испарения капли в нестационарной среде. В данную работу входит описание модели с учетом исключенных факторов, необходимых для построения более точного описания процесса, определение граничных условий задач, связанных с испарением капель в различных условиях, и реализации полученных методов на современных ЭВМ. В результате данных исследований решается задача перехода от квазистатического рассмотрения задачи испарения капель к нестационарному.

Определение режимов управляемого движения двух связанных объектов на круговых и эллиптических орбитах

Лапир М.А.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Купреев С.А.
МАИ, каф. ММиК
pzkpfwg@mail.ru

По мнению многих специалистов, дальнейшее развитие ракетно-космической техники связано с применением технологии орбитальных тросовых систем (ТС). Интерес к этим системам подтверждается регулярно проводимыми в мире экспериментами.

Как правило ТС представляется в виде связки двух объектов, соединенных гибкими элементами (тросами, кабелями, шлангами) длиной от нескольких метров до сотен километров. Натяжение соединительного троса обусловлено неоднородностью центрального поля тяготения и разностью сил инерции в ходе орбитального полета. Пассивное управление движением связанных объектов реализуется с помощью изменения длины троса. Орбитальная ТС это объект богатый потенциальными возможностями и очень интересный в отношении динамики.

В данной работе предлагается подход к изучению динамики управляемого движения связанных объектов на основе математического аппарата качественной теории динамических систем и теории бифуркаций, дающий возможность заглянуть в самую суть механики движения ТС. Выделение конкретных режимов движения на круговых и эллиптических орбитах позволяет получить качественное физическое представление изучаемого процесса, согласовать результаты исследований со здравым смыслом, раскрыть потенциал ТС.

При разработке математических моделей управляемого движения ТС, предполагалось, что центр масс ТС совершает полет по кеплеровой траектории, то есть достаточно рассматривать движение только одного из связанных объектов относительно орбитальной системы координат. Таким образом, математическая модель динамики двух связанных объектов в результате редукции представляет собой динамическую модель «орбитального маятника» переменной длины с точкой подвеса в центре масс ТС. Определены условия нахождения объектов на гибкой односторонней связи.

Математическая модель представлена в виде автономной динамической системы второго порядка и для ее анализа применяется математический аппарат качественной теории динамических систем и теории бифуркаций.

Построение всех типов качественных структур позволило составить полное представление о возможных типах фазовых траекторий системы, а, следовательно, о характеристике возможных траекторий управляемого движения ТС при параметризации системы управления, при варьируемых начальных условиях движения и на любом временном компакте.

В результате исследования всех типов качественных структур фазовых траекторий определено множество реализуемых режимов (функционалов) управляемого движения.

Они соответствуют устойчивым особым фазовым траекториям системы и совокупности орбитно-устойчивых неособых фазовых траекторий, заполняющих фиксированные области фазовой поверхности с учетом определенных условий нахождения динамической системы на связи.

О периодических решениях уравнения Свифта-Хоенберга с гексагональной симметрией.

Маковецкая Ю.С.
Научный руководитель – д.ф-м.н., проф. Кулагин Н.Е.
МАИ, каф.ПМИТиЭ института № 3
makowetskaya2011@yandex.ru

Для описания процессов образования структур в различных физических теориях широко используется обобщенное уравнение Свифта – Хоенберга. Данное уравнение позволяет, в частности, описывать роликовую конвекцию, пространственно локализованные поперечные структуры лазерных пучков, а также используется в химической кинетике.

В работе приводятся результаты численного и аналитического исследования стационарных периодических решений обобщенного уравнения Свифта – Хоенберга, обладающих гексагональной симметрией.

С этой целью были разработаны алгоритмы построения базиса в пространстве решений и разложения произведения базисных функций по самому базису. Это, в частности, позволило аналитически, методом малого параметра, построить различные семейства малоамплитудных решений указанного типа. При этом, в качестве затравочных решений выбирались различные базисные функции. Отметим, что некоторые из базисных функций отличаются друг от друга очевидным подобием. Однако имеется счетное множество существенно различных базисных функций, что позволило построить различные классы малоамплитудных решений.

Базисные функции пространства решений являются собственными функциями оператора Лапласа, и среди них имеются кратные. Показано, что при построении затравочного решения отбирается вполне определенная линейная комбинация таких функций.

В дальнейшем, с использованием метода Галеркина, малоамплитудные решения были численно продолжены в область конечных амплитуд. При этом, в пространстве параметров системы были построены области существования самих малоамплитудных решений. Здесь наиболее интересными, на наш взгляд, являются два сценария:

1. Рождение малоамплитудного решения, его переход в область конечных амплитуд и затем слияние с другим малоамплитудным решением.
14. Рождение малоамплитудного решения и его распад (при неограниченном увеличении периода) на отдельные состояния, локализованные в пространстве (солитоны), которые имеют круговую симметрию. Такие решения образуют разнообразные гексагональные решетки солитонов.

Кроме того, в работе исследована зависимость полученных решений от параметров задачи и выявлены области существования различных классов решений.

В заключение отметим, что построенный базис пространства решений позволяет использовать метод Фурье для исследования нестационарных решений уравнения Свифта – Хоенберга, а также ответить на вопрос об устойчивости полученных решений.

Решение задачи расчета прочности металлов в условиях ползучести численными методами

Мовсесян Т.А.
Научный руководитель – профессор, д.ф.м.н. Кузнецов Е.Б.
МАИ, каф.403

В настоящее время существует большое количество практических задач по физике и механике, моделируемых плохо обусловленными задачами Коши для обыкновенных

систем с несколькими предельными особыми точками, правые части в которых утрачивают смысл. Для разрешения такого рода подобных задач, явные методы возможно окажутся не очень действенными, и возникает надобность в применении особых способов решения жестких задач, к которым относятся и плохо обусловленные задачи.

Рассматриваются одношаговые методы численного интегрирования. Для применения этих способов использованы тестовые задачи для расчета долговременной прочности металлических систем в условиях ползучести.

Существует сравнительно маленькое число достоверных опытных данных, описывающих ползучесть металлов вплоть до разрушения в широком спектре напряжений. Это связанно с тем, что проверки при небольших напряжениях имеют шансы длиться десятки и сотни тысяч часов. Вследствие этого, нередко, или эти опыты не доводятся до разрушения, или они ведутся до разрушения без замера деформации в процессе ползучести.

В качестве задачи рассматривается деформирование трубчатых образцов из нержавеющей стали Х18Н10Т под воздействием неизменной одноосной растягивающей нагрузки при неизменной температуре в критерии процесса ползучести вплоть до разрушения. Применены теоретико-экспериментальные данные о процессе деформирования трубок из стали, приобретённые в результате проведения опытов в институте механики МГУ. Для решения этой задачи применяются традиционные одношаговые методы численного интегрирования задачи Коши.

Результаты, приобретённые в итоге внедрения одно шаговых методов, удовлетворительно согласуются с исходами экспериментальной работы. Однако для получения высочайшей точности численного решения нужно существенно размельчить шаг интегрирования, что делает использование постоянного шага интегрирования мало эффективным.

Основная идея работы заключается в создании новейших действенных методов численного решения плохо обусловленных задач Коши для систем обычных дифференциальных уравнений с несколькими предельными особыми точками, а еще способов построения моделей, обрисовываемых таковыми исходными задачами.

Ориентация спутника на круговой орбите посредством токовых катушек

Мухаметшин Р.М.
Научный руководитель – доцент, к.ф-м.н. Пеньков В.И.
МАИ, каф. 802
mukhametshin.ruslan95@yandex.ru

Управление ориентацией спутника посредством токовых катушек является достаточно актуальной задачей, поскольку оно является альтернативой общепринятому управлению угловым положением спутника с помощью маховичных систем или может служить самостоятельной способом управления ориентацией спутника. Преимущество управления с помощью токовых катушек заключается в отсутствии подвижных тел, повышенной надёжности по сравнению с маховичной системой и дешевизне. Также, в силу того, что форма соленоидов не ограничена цилиндром и может варьироваться, получается преимущество в компоновке космического аппарата. На спутнике имеется бортовой компьютер с возможностями бытового и три катушки, расположенные на главных осях инерции.

Недавно были исследованы некоторые алгоритмы: “-Bdot”, раскрутки, переориентации оси симметрии. Были проведены соответствующие исследования, включающие численное моделирование и аналитические исследования. Нами предлагается новый алгоритм управления.

Исследования проводились в несколько этапов. Первый включал в себя моделирование идеального управления без учёта вектора магнитной индукции Земли. Это делалось для проверки работоспособности алгоритма. В данном случае управление состоит из двух частей: восстанавливающей и демпфирующей. У каждой части есть соответствующий коэффициент. Они подбираются исходя из требований по

быстродействию и точности. Восстанавливающая часть представляет собой ненормированный вектор поворота, взятый из справочника по математике Корна. Демпферная часть состоит из угловой скорости с обратным знаком. Если алгоритм работает на данном этапе, то есть шанс получить в реальности работоспособный.

Второй этап представляет собой нахождение реального управления, так как компонента управляющего момента вдоль вектора магнитной индукции B Земли равна нулю. Данная компонента получается из векторного произведения идеального управления на вектор B и проекции на соответствующие оси вектора магнитной индукции. Из разности идеального вектора управления и проекции на вектор магнитной индукции получается реальный механический момент, действующий на спутник. Отсюда следует один из главных недостатков данного алгоритма управления: малость механического момента. Однако такое управление естественно с точки зрения физических представлений и упрощает реализацию управления на борту.

Сейчас получены коэффициенты управления, которое обеспечивает ориентацию в орбитальных и абсолютных осях. Получена линеаризация этого управления. Также за счёт использования теории Флоке был получен график линий уровня, который показывает области устойчивых и неустойчивых коэффициентов управления. В перспективе планируется получение условий устойчивости алгоритма с помощью аналитических выкладок.

В случае достаточно больших соленоидов, применение данного алгоритма позволило впервые получить управление с большим механическим моментом, приводящим спутник в ноль на фазовом пространстве за доли оборота по орбите. Такое управление представляет теоретический интерес, говоря о не пустоте множества подобных управлений и перспективности поиска управлений с реальными катушками.

Исследование границы областей устойчивости стационарного однородного решения пространственно распределенной системы типа «реакция-диффузия»

Ребане М.К, Саранча Д.А.
Научный руководитель – профессор, к.ф.-м.н. Пунтус А.А.
МАИ, каф. 803
nausa01@gmail.com

Экология, возникшая из объединения разнообразных биологических и небиологических дисциплин, является удачным примером системного подхода к описанию и пониманию биологического мира в целом. Системность в экологии влечет за собой необходимость применения количественных методов, которым и посвящена математическая экология.

Необходимость учета пространственных аспектов экосистем привела к рассмотрению обобщенной двухуровневой пространственно распределенной системы типа «реакция-диффузия». При анализе поведения данной системы в окрестности ее нетривиального стационарного однородного решения возникает вопрос определения границы области устойчивости данного решения, зависящей от параметров исходной системы, которая позволяет определить условия устойчивости стационарного однородного решения рассматриваемой системы, а также характер поведения системы при потере устойчивости.

Для этого линеаризуем исходную систему на рассматриваемом стационарном однородном решении и рассмотрим линейный оператор, возникающий при этом. Под устойчивостью решения будем понимать нахождение в левой полуплоскости спектра данного оператора. Исследование спектра данного оператора приводит нас к исследованию спектра матриц, которое приводит нас к характеристическому уравнению, в которое входят параметры исходной системы.

При фиксированной тройке параметров (a1, a2, b) исходной системы вопрос исследования границы области устойчивости решения сводится к исследованию взаимного расположения прямой и гиперболы в плоскости оставшихся двух параметров. Сама граница области устойчивости образуется частями этих кривых, которые в

дальнейшем мы будем называть (g, M) – диаграммами. Такое представление областей устойчивости помогает наглядно исследовать характер потери устойчивости при вариациях параметров g и M.

Встает вопрос классификации (g, M) - диаграмм и разбиения плоскости параметров (a1, a2) на области, соответствующие одинаковым типам (g, M) – диаграмм. Так как вид диаграмм зависит от взаимного расположения M-координат точек экстремумов гиперболы, центра гиперболы, точки пересечения прямой с ветвями гиперболы, начала координат, а также координаты M, при которой значение g на прямой равно значению g в экстремуме гиперболы, мы приходим к рассмотрению четырех уравнений для определения вышеперечисленных координат, три из которых квадратные. В итоге искомое разбиение плоскости параметров (a1, a2) сводится к сравнению корней этих уравнений, что приводит нас к решению ряда иррациональных неравенств.

После решения этих неравенств мы получаем искомое разбиение плоскости параметров (a1, a2) по типам реализуемых диаграмм, которое позволяет нам определить типы потери устойчивости стационарного однородного решения исходной обобщенной двухуровневой пространственно распределенной системы типа «реакция-диффузия», а также подобрать параметры данной системы таким образом, чтобы проводимое численное исследование поведения исходной системы после потери устойчивости стационарного однородного решения соответствовало интересующему нас типу.

О гамильтоновой системе с двумя степенями свободы в случае двойного резонанса третьего порядка в окрестности неустойчивого равновесия

Сафонов А.И.
Научный руководитель – доцент, д.ф.-м.н. Холостова О.В.
МАИ, каф. 802
lexafonov@mail.ru

Часто резонансы, имеющие место в механических системах, затрудняют исследование частных движений данных систем и их устойчивости. При наличии резонансов кардинально меняется характер устойчивости решения, а также и характер движения системы в окрестности этого решения. В частности, если в системе реализуется кратный резонанс.

В данной задаче рассматривается окрестность тривиального положения равновесия близкой к автономной гамильтоновой системы с двумя степенями свободы. Предполагается, что это равновесие устойчиво в линейном приближении. Далее в исследуемую систему вводится двойной резонанс третьего порядка, который делает неустойчивым тривиальное положение равновесия полной нелинейной системы. Резонансные слагаемые предполагаются малыми.

Дальнейшее исследование предполагает анализ гамильтониана, отвечающего рассматриваемой системе, в которой реализуется основной и комбинационный резонанс. После нормализации гамильтонианов возмущенного движения, отвечающих сильному основному и сильному комбинационному, а также сильному основному и слабому комбинационному, решается задача о существовании и устойчивости в линейном приближении периодических движений. В пространстве параметров задачи выявлены области устойчивости положений равновесия рассматриваемых модельных систем. Достаточные условия устойчивости выявлены как условия знакоопределенности квадратичных частей соответствующих гамильтонианов возмущенного движения. Необходимые условия устойчивости получены путем исследования корней характеристических уравнений линеаризованных уравнений возмущенного движения.

Периодические движения полных систем рождаются из каждого найденного и отличного от тривиального положения равновесия модельных систем. Данные движения, аналитичные по ε и 12π-периодичные по времени, происходят в ε окрестности неустойчивого тривиального положения равновесия. Неустойчивые положения равновесия модельных систем переходят в неустойчивые периодические движения полных систем. Положения равновесия, рассмотренные для значений параметров из

областей выполнения достаточных или только необходимых условий устойчивости, переходят в устойчивые в линейном приближении периодические движения полных систем.

Бифуркационное исследование хаотических колебаний маятника переменной длины на вибрирующем основании

Светлова В.А
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Гурина Т.А.
МАИ, каф. 804
vikasvetlova@mail.ru

Жесткий маятник на вибрирующем основании демонстрирует множество различных видов движения, в зависимости от амплитуды и частоты вынужденных колебаний точки подвеса. Поведение такого маятника активно исследуется учеными уже многие десятилетия, потому что некоторые движения этой, простой, на первый взгляд, механической системы оказываются неожиданно сложными.

К тому же, подобный маятник интересен не только как объект новых методов исследования нелинейных систем, но и потому, что дифференциальное уравнение маятника очень часто встречается в самых разнообразных прикладных задачах, когда плоские движения исследуемых систем и объектов при различных упрощениях моделируют математическим маятником.

В случае, когда амплитуда принудительных колебаний основания достаточно велика, а их частота лежит в некоторых определенных промежутках, поведение маятника может быть хаотическим несмотря на строго периодический характер возбуждающего воздействия. Это пример так называемого динамического хаоса, когда нерегулярное, никогда не повторяющееся во времени поведение системы сочетается с полным детерминизмом ее математического описания. Динамический хаос в простых нелинейных системах стал предметом интенсивного изучения на протяжении последних десятилетий.

Известно, что вибрация оказывает сильное влияние на динамику маятника постоянной длины, стабилизируя его верхнее положение равновесия при большой частоте вибрации.

В данной работе рассмотрена задача о колебаниях маятника переменной длины на вибрирующем основании при больших частотах вибраций и малых амплитудах гармонических колебаний длины маятника и точки его подвеса. Точка подвеса маятника совершает гармонические колебания вдоль вертикальной оси. Длина маятника также меняется со временем по некоторому гармоническому закону.

В данной работе было проведено исследование неавтономной системы дифференциальных уравнений, описывающей поведение данного маятника в окрестности двукратного резонанса колебаний основания и длины маятника, по нескольким бифуркационным параметрам.

С помощью разработанного пакета программ в среде Maple и WinSet найдены положения равновесия системы, вычислены фазовые траектории системы и отображения Пуанкаре при различных значениях параметров, получены карты типов особых точек системы, обнаружены каскады бифуркаций, приводящие к образованию хаотических аттракторов, построены бифуркационные диаграммы перехода к хаосу, получены графики и карты старшего показателя Ляпунова, вычислены фрактальные размерности хаотических аттракторов.

Исследование орбитальной устойчивости ляпуновских движений симметричного спутника, рождающихся из его гиперболоидальной прецессии

Сухов Е.А.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Бардин Б.С.
МАИ, каф. 802
sukhov.george@gmail.com

Рассматривается частный случай движения спутника относительно центра масс - гиперболоидальная прецессия. Спутник моделируется динамически симметричным твёрдым телом. Движение спутника происходит по круговой орбите в центральном ньютоновском гравитационном поле. Если гиперболоидальная прецессия устойчива, то в её окрестности существует семейство периодических решений Ляпунова, описывающее малые колебания оси динамической симметрии спутника. В данной работе методом Биркгофа была построена каноническая замена переменных, нормализующая гамильтониан задачи до членов 4-й степени включительно, при помощи которой было получено семейство указанных периодических движений в форме рядов по степеням малого параметра - амплитуды колебаний. На основании методики, разработанной А. П. Маркеевым (Прикладная математика и механика, 1999, том 63, вып. 5) было выполнено исследование орбитальной устойчивости построенных периодических движений. С этой целью в окрестности данных движений была получена нормальная форма гамильтониана задачи. Выводы об устойчивости были сделаны на основании коэффициентов нормализованной функции Гамильтона задачи. В частности, при малых значениях амплитуды в аналитической форме были получены выражения для границ областей неустойчивости (параметрического резонанса). Границы области орбитальной устойчивости в линейном приближении примыкают к плоскости параметров задачи резонансной кривой, отвечающей резонансу третьего порядка. Результаты произведённого исследования согласуются с результатами, полученными ранее в работе А. Г. Сокольского и С. А. Хованского (Космические исследования, 1979, вып. 2).

При произвольных значениях амплитуды анализ орбитальной устойчивости выполнялся численно. В трёхмерном пространстве параметров задачи были построены области орбитальной устойчивости рассматриваемых решений в линейном приближении. Результаты численного анализа полностью совпадают с описанными выше результатами аналитического исследования орбитальной устойчивости, выполненного при малых амплитудах.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ №14-21-00068 в Московском авиационном институте (Национальном исследовательском университете).

Решение задач дифракции электромагнитных волн на идеально проводящих объектах

Фетисов С.Н.
Научный руководитель – проф., д.ф-м.н. Сетуха А.В.
МГУ им. М.В. Ломоносова
sereja.fit@gmail.com

Рассматривается задача рассеяния электромагнитных волн на идеально проводящих объектах малой толщины. Под объектами малой толщины понимаются такие тела, у которых один из характерных габаритных размеров много меньше остальных. Для решения задачи используется модель, основанная на решении краевой задачи для уравнений Максвелла методом граничных интегральных уравнений. Авторы развивает подход, основанный на сведении задачи к интегральным уравнениям с гиперсингулярными интегралами, понимаемыми в смысле конечного значения по Адамару.

Разработан и протестирован метод приближенного решения задачи, основанный на снесении граничного условия на срединную поверхность. При этом решается новая краевая задача вне тонкого экрана, являющегося срединной поверхностью тонкого тела.

Приближенный учет исходной телесной формы осуществляется постановкой специфических граничных условий на сторонах этого экрана. Получаемая в результате дискретизации интегрального уравнения система уравнений решается методами кусочно-постоянных аппроксимаций и коллокаций.

В работе используется численная схема из статьи [1]. Коэффициенты системы линейных уравнений выражаются через интегралы с сильной особенностью, вычисляемые аналитически, и слабосингулярные интегралы, вычисляемые численно с помощью квадратурных формул из [2].

Литература:

[1] Захаров Е. В., Рыжаков Г. В., Сетуха А. В. Численное решение трехмерных задач дифракции электро- магнитных волн на системе идеальнопроводящих поверхностей методом гиперсингулярных интегральных уравнений // Дифференциальные уравнения. 2014. 50, № 9. с. 1253—1263

[2] Захаров Е. В., Сетуха А. В., Безобразова Е. Н. Метод гиперсингулярных интегральных уравнений в трехмерной задаче дифракции электромагнитных волн на кусочно-однородном диэлектрическом теле // Дифференциальные уравнения. 2015. 51, № 9. с. 1206—1219.

Уборка космического мусора с помощью гарпуна

Шеленцова К.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Асланов В.С.
Самарский университет
ksushechka_94@mail.ru

Космический мусор является одной из наиболее серьезных угроз для исследования космоса. К космическому мусору относятся отработанные разгонные блоки, фрагменты, образованные в результате столкновений, различные элементы конструкций ракетно-космической техники.

За период с 1957 по 2008 год было произведено порядка 4600 запусков. На орбиту было выведено около 6000 спутников на орбиту. Большинство из них до сих пор находятся на орбите Земли. Функционирующими являются около 800 аппаратов. Это означает, что примерно 85% космических аппаратов относятся к неконтролируемому классу спутников, а именно к мертвым космическим объектам.

С каждым годом увеличивается число искусственных объектов, находящихся на низких околоземных орбитах. В результате этого возрастает риск столкновений, которые могут привести к нестабильному, каскадному эффекту, известному как Синдром Кесслера. В результате столкновения крупного мусора образуется множество мелких объектов, которые сложно отследить. Увод их с орбиты является сложной задачей.

Исследования, проведенные НАСА показали, что космическая среда может быть стабилизирована удалением пяти крупных объектов в год. Эта оценка постоянно меняется, поэтому проблема космического мусора не может быть решена без применения методов активного удаления космического мусора. Учеными были предложены разные способы удаления космического мусора. Одной из важных задач является захват космического мусора. Для захвата предлагают использовать сетки, ловушки, механические манипуляторы или использовать гарпуны на тросе. Все концепции захвата требуют специальных устройств обнаружения и идентификации. В работе рассмотрен захват космического мусора с помощью гарпуна. Цель работы - исследование поведения мусора после попадания в него гарпуна.

В работе построена математическая модель системы, состоящая из гарпуна и космического мусора - моделируемого как однородный полый цилиндр. На первом этапе решается вопрос о попадании гарпуна в цель. Определяется энергия, необходимая для пробивания стенки цилиндра. Исследуется динамика мусора после попадания гарпуна.

Результатами численного моделирования являются нахождение границ баллистического предела пробивания бака, нахождение зависимости энергии от начальной скорости гарпуна, нахождение зависимости скорости и высоты космического мусора от времени после захвата.

Использование методов интернет-маркетинга в авиационно-космической сфере

Волков Г.М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Казакова Н.В.
МАИ,
wolfarmy@mail.ru

Во всем разнообразии инструментов и областей маркетинга особенно выделяется продвижение продукции промышленного назначения, что объясняется различиями в деятельности компаний. В последнее время интернет-маркетинг предлагает новые возможности для продвижения. Несмотря на то, что методы продвижения в авиационно-космической сфере универсальны во всем мире, наша страна имеет свою специфику. Производство продуктов рассредоточено по регионам, которые расположены далеко друг от друга.

В условиях, когда закупки совершаются продолжительное время, сложно отслеживать, как проходит процесс и меняется рынок. Долгие переговоры, изменение цен и структуры рынка приводят к усложнению контролирования процесса реализации товара. Многие отечественные производители ограничиваются тем, что создают сайт и размещают информацию на тематических порталах, не используя возможности продвижения через поисковые системы.

- Исходя из этого, можно утверждать, что актуален вопрос более широкого использования методов интернет-маркетинга, так как это дает возможность: Публиковать информацию о конкретном товаре и предприятии. В ресурсах сети должна быть представлена вся информация, необходимая для совершения закупки: технические параметры, состав персонала, сфера деятельности, особенности производства, гарантии и система сервисного обслуживания;
- Оптимизировать время получения информации. В условиях, когда производство ведется в удаленных регионах, а закупки масштабны, без интернета у производителей буквально связаны руки;
- Снизить бюджет на рекламу. Методы продвижения в интернете – контекстная реклама, оптимизация сайта, размещение на тематических порталах и другое – стоят значительно дешевле. Предприятию намного выгоднее использовать не традиционную рекламу, а методы интернет-маркетинга;
- Прямое партнерство без посредников. Интернет помогает наладить прямой контакт с партнерами, что открывает новые перспективы в сотрудничестве. Также легче происходит контроль нужных процессов, что, учитывая сложность авиационно-космической промышленности, является неоспоримым преимуществом;
- Сокращение расходов на деятельность подразделений сбыта. Аренда торговых помещений и демонстрационных залов больше не требуется, а только аренда склада и оплата услуг интернет-провайдера стоит значительно дешевле.
- Нынешний уровень интернет-технологий позволяет отечественным предприятиям использовать следующие возможности продвижения российских авиационно-промышленных товаров:
- Многофункциональный сайт предприятия, позволяющий не только обеспечить удобство просмотра и выбора продукции, но и сбор всех маркетинговых показателей;
- Поисковая оптимизация. SEO стоит дешевле многих инструментов традиционной рекламы, а поисковые системы давно стали одним из самых популярных сервисов в интернете. Это делает поисковую оптимизацию необыкновенно перспективным маркетинговым инструментом, что подтверждается кейсами многих компаний;
- Постинг на порталах, посвященных определенной отрасли. Посещаемость таких сайтов растет, а в информационных базах отраслевых ресурсов содержится тысячи

предприятий. Посетители порталов чаще всего заинтересованные в теме люди, что обеспечивает приток качественного реферального трафика на сайт.

- Интернет, безусловно, преобразил мир, и сфера коммерции не стала исключением: теперь ключевая роль принадлежит потребителю, а не производителю. Компании получили возможность привлечь внимание нового клиента за десятки секунд, однако в то же время потребитель может перейти к конкурентам всего в несколько кликов. Такая расстановка сил в электронной коммерции предъявляет строгие требования к компаниям, особенно в такой серьезной сфере, как авиационно-космическая. Главным капиталом предприятий становятся хорошие отношения с клиентами, а внимание и удачный опыт заказчиков – основной ценностью.

Оптимизация перелёта космического аппарата между орбитами посредством решения задач Ламберта

Голикова Г.Н.[1)], Горбунов Д.А. [1)], Самохина М.А.[1, 2)]
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доц. Григорьев И.С.
[1)] ИА РУДН, [2)] Мехмат МГУ им. М.В. Ломоносова
parabolic.hyperboloid@gmail.com

Исследуется проблема оптимизации перелёта космического аппарата (КА) от Земли к другому небесному телу. В работе рассматриваются два типа задач: пролёт без выравнивания скоростей и задачи рандеву, сопровождения. КА и все небесные тела в работе представляют собой материальные точки. Решается ограниченная задача трёх тел — гравитационное поле Солнца полагается центральным ньютоновским во время всего перелёта, а притяжение всех остальных тел в исследовании не учитывается. Координаты и скорости Земли вычисляются в соответствии с эфемеридами DE424 при помощи пакета SPICE [1], который учитывает множество влияющих на траектории факторов, таких как притяжение трёхсот наиболее крупных тел Солнечной системы, релятивистские эффекты, давление солнечного ветра и др.

Учитывается ограничение на общее время перелёта. В моменты старта и финиша положение КА совпадает с положением центров масс соответствующих небесных тел. КА управляется одним импульсом в начальный момент времени в задаче пролёта и двумя импульсами в начальный и конечный моменты времени в задаче сопровождения. Для нахождения величин импульсных воздействий вычисляются модули векторов разности скоростей КА и небесных тел, рассматриваемых в задаче. Минимизируется сумма величин всех импульсов задачи.

Траектория перелёта, величины и направления импульсных воздействий находятся посредством решения задач Ламберта методом, описанным в [2-3], с использованием модифицированного метода Ньютона [4]. При исследовании описанной задачи может существовать несколько решений задачи Ламберта для заданных дат старта и финиша КА. В таком случае из всех траекторий выбирается траектория с таким числом витков, на которой функционал принимает наименьшее значение. Число локальных экстремумов функционала в рассматриваемой задаче велико. Для нахождения глобального минимума используется метод градиентного спуска [5]. При численном решении производятся расчёты со стартом данного метода из значительного числа узлов дискретной сетки допустимых значений параметров задачи.

По результатам расчётов на ЭВМ построены траектории экспедиций КА к конкретным небесным телам. Проведено исследование зависимости значений функционала от параметров задачи.

Список литературы

1. Эфемериды URL: http://naif.jpl.nasa.gov/naif.
2. Суханов А.А. Астродинамика. Москва, Серия "Механика, управление, информатика", Ротапринт ИКИ РАН, 2000, 202 с.
3. Самохин А.С. Оптимизация экспедиции КА к Фобосу при управлении импульсными воздействиями с использованием решения задач Ламберта и учетом притяжения Земли и

Марса. Вестник Московского университета. Серия 1. Математика. Механика, 2014, № 2, с. 62-66.
4. Исаев В.К., Сонин В.В. Об одной модификации метода Ньютона численного решения краевых задач. Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 1963, том 3, № 6, с. 1114-1116.
5. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. М.: Факториал Пресс, 2002. 824 с.

О некоторых задачах оптимального проектирования тонких прямых крыльев

Гончаров В.Ю.
Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Муравей Л.А.
МАИ, каф. ПМИТЭТ
fulu.happy@gmail.com

Одним из важных аэроупругих явлений, которое должно быть учтено при проектировании крыла, является дивергенция. Как известно, когда скорость крыла превышает критическую скорость дивергенции при кручении происходит его разрушение. Задача увеличения критической скорости крутильной дивергенции может решаться, например, путем увеличения крутильной жесткости крыла. Однако это приводит также к существенному увеличению массы крыла и затрат на его производство.

В настоящей работе рассматриваются две «сопряженные» задачи оптимального проектирования тонкого прямого крыла, связанные с явлением дивергенции. Первая задача заключается в увеличении значения критической скорости крутильной дивергенции при заданном ограничении на вес крыла, а вторая – в уменьшении веса крыла при фиксированной нижней границе на значение критической скорости крутильной дивергенции.

В первой части рассматривается задача максимизации значения критической скорости дивергенции при кручении, в которой управляющей переменной является распределение толщин обшивки крыла. В этой задаче накладываются ограничения на массу крыла, а также возможные значения толщины обшивки крыла. Допустимые управления являются элементами пространства измеримых существенно ограниченных функций. Доказывается, что существует единственное оптимальное распределение толщин обшивки крыла. Несмотря на то, что допустимые распределения толщин обшивки крыла принадлежат достаточно «широкому» классу управлений, среди элементов которого есть те, которые не имеют физического смысла, удается установить регулярность оптимального решения. Для случая прямоугольного крыла получены точные аналитические решения, зависящие от параметров, являющихся решениями некоторой системы трансцендентных уравнений. В общем случае предложен метод построения максимизирующих последовательностей, сходящихся к оптимальному решению в пространстве непрерывных по Липшицу функций. Исследована зависимость экстремального значения критической скорости крутильной дивергенции от массы крыла. В частности, доказано, что функция, порождаемая указанной зависимостью, является строго вогнутой и возрастающей; получены графики данной функции для различных параметров задачи.

Вторая часть посвящена задаче проектирования крыла минимального веса при заданной нижней границе для значения критической скорости крутильной дивергенции. Установлено, что эта задача обладает единственным оптимальным решением. Несмотря на то, что данная задача не является двойственной в прямом смысле к упомянутой выше задаче, удалось показать, что она может быть легко решена путем обращения зависимости экстремального значения критической скорости крутильной дивергенции от массы крыла, сводящегося к простой итерационной процедуре.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-01-00425 а.

Разработка комплексной системы обработки метеорологической и аэрологической информации при обеспечении пусков ракет космического назначения

Дарибаева Н.Т.
ОГУ, каф. ПИЭУ
Научный руководитель – Кулепётова Н.Н.[2]
Филиал «Восход» МАИ, каф.Б22
Nurz_dar7@mail.ru

Воздействия метеорологических элементов на всех этапах подготовки и осуществления пусков ракет космического назначения (РКН) изучаются специалистами. Допустимые значения метеорологических параметров, при которых запрещается выполнение операций, отражаются в эксплуатационной документации. Наиболее критичными из них являются скорость ветра у поверхности земли, параметры ветра на высотах, гроза в районе технического и стартового комплекса, а также вблизи траектории полета ракеты.

Для оперативной деятельности специалистов метеорологической службы возникает необходимость в разработке единой системы, позволяющей решать комплекс задач, таких как мониторинг метеорологических данных в режиме «онлайн» и предупреждение о критических значениях параметров, анализ характеристик состоянии атмосферы, обработка статистических данных и предоставление отчетов.

Система содержит четыре подсистемы: подсистему онлайн отображения метеорологических данных, высотно-ветрового зондирования, базу данных и подсистему прогнозирования. Подсистема высотно-ветрового зондирования служит для мониторинга значений скорости ветра на высотах. Оценка допустимости характеристик ветра проводится по результатам аэрологического зондирования. Информация о погодных явлениях на территории комплекса Байконур хранится в базе данных. База данных метеорологической информации позволяет оперативно представлять в удобном для использования виде необходимую метеорологическую информацию, отображать ее в виде графиков, диаграмм, использовать весь спектр статистической информации при разработке прогнозов погоды и совершенствовании методов прогнозирования для более качественного обеспечения работ по подготовке и пуску РКН. Подсистема прогнозирования выдает прогнозы на основе индексов неустойчивости, таких как LIFT, KIND, TOTL, CAPE, SWEAT. Индекс LIFT, объединяющий влажность и вертикальный градиент в одном индексе, оценивает степень стабильности, которая измеряется разностью между температурами поднимающейся частицы и окружающей среды на уровне 500 гПа., °C; KIND – характеризует температурно-влажностное состояние атмосфере в слое 850–700 гПа, °C; TOTL – это комплексная характеристика статической стабильности и влажности на уровне 850 гПа, °C; CAPE – конвективная потенциальная энергия атмосферы, Дж/кг.

Предупреждение о приближающейся грозе с максимальной заблаговременностью крайне важно на всех этапах подготовки и пуска. Информация о параметрах ветра на высотах при обеспечении пусков позволяет понимать степень воздействия воздушных течений на ракету космического назначения. Комплексная система хранения и обработки позволяет оперативно представлять метеорологическую и аэрологическую информацию должностным лицам руководства подготовкой и пуском РКН.

Два алгоритма оценивания уровней сложности тестов

Жарков Е.А.
Научный руководитель – проф., д.ф.- м.н. Кибзун А.И.
МАИ, каф. 804
zhr.evg@gmail.com

В связи с развитием систем дистанционного обучения возникает необходимость автоматического оценивания знаний студентов на основе набора тестовых заданий, выполненных ими. Но все тестовые задания имеют разные уровни сложности,

испытуемые также имеют разный уровень подготовленности, который заранее неизвестен. Поэтому традиционный способ выведения оценки для конкретного студента по количеству правильных ответов на задания, вряд ли будет объективным. Способ, при котором каждому заданию присваивается экспертом некоторый вес, также отличается субъективностью. Поэтому более объективной будет являться оценка, которая основывается лишь на выборке, полученной на основе ответов группы студентов на предложенные им тестовые задания.

В данной работе предлагаются два алгоритма для оценивая уровня сложности тестов и уровня подготовленности студента. Первый алгоритм основывается на однопараметрической модели Раша, методе максимального максимального правдоподобия и квазиньютовском методе Бройдена-Флетчера-Голдфарба-Шэнно для поиска оценок, максимизирующих функцию правдоподобия. В функцию правдоподобия вводятся весовые коэффициенты, подобранные специальным образом, которые позволяют различить сложности заданий и уровни подготовленности студентов, имеющие первичные одинаковые показатели. Кроме того, в работе предлагается экспоненциальная нормировка полученных оценок, принимающих значения из всей числовой прямой. Эта нормировка позволяет привести оценки к привычной 10-балльной шкале. Второй алгоритм является эвристическим и основывается на вычислении уровней сложности заданий и уровней подготовленности студентов с помощью суммирования столбцов и строк матрицы ответов с последующим рекуррентным пересчетом полученных оценок с помощью суммирования столбцов и строк матрицы ответов с весами, роль которых играют найденные на предыдущем шаге оценки уровней сложности заданий и подготовленности студентов.

Эффективность данных методов была проверена на статистических данных о результатах работы студентов в дистанционной системе обучения CLASS.NET. Оба алгоритма успешно обрабатывают любые матрицы ответов. Оценки, полученные с помощью этих двух алгоритмов, практически совпадают и не противоречат интуитивным соображениям. Практическое совпадение оценок, полученных с помощью двух разных алгоритмов косвенно свидетельствует о корректности работы алгоритмов.

Прогнозирование энергопотребления на предприятии ракетно-космической отрасли

Кириченко Ю.Н., Шудабаева А.К.
Научный руководитель – к.т.н. Жуматаева Ж.Е.
Филиал «Восход» МАИ, каф. Б12
kiri4enko.uiliya@mail.ru

В настоящее время на предприятиях ракетно-космической отрасли остро стоит вопрос о снижении уровня потребления электроэнергии. С этой целью в данной работе проводится прогнозирование оптимального объема приобретаемой электроэнергии с использованием метода множественной регрессии.

Исследование показало, что понижение и повышение температуры в зимний и летний сезоны соответственно оказывают влияние на потребление электроэнергии. Это объясняется тем, что в зимний период существует необходимость в дополнительном обогреве помещений предприятия, а в летний – в охлаждении, так как температура воздуха днем в летний период может достигать +45 градусов по шкале Цельсия. Кроме того, на энергопотребление влияют количество эксплуатируемых объектов на предприятии, количество пусков ракет-носителей, объем ремонтных работ, проводимых на объектах, а также длина светового дня, из-за которой в зимний период возникает необходимость в дополнительном освещении рабочих помещений.

Таким образом, в разрабатываемой математической модели были выделены факторы, оказывающие влияние на количество потребляемой электроэнергии, такие как: количество эксплуатируемых объектов, количество пусков ракет-носителей, объем ремонтных работ, температура воздуха, длина светового дня.

В рамках метода множественной регрессии определены коэффициенты линейной регрессии на основе метода наименьших квадратов. Далее для рассчитанных коэффициентов уравнения была проведена оценка тесноты взаимосвязи факторов с

зависимой переменной на основе определения коэффициента корреляции. По полученным коэффициентам корреляции были выявлены и исключены из уравнения регрессии те факторы, которые оказывают незначительное влияние на энергопотребление. Далее была построена новая математическая модель. Полученное уравнение было проверено на адекватность по критерию Фишера. По опытным и теоретическим значениям первой и второй моделей были построены графики зависимости объема энергопотребления от временного параметра.

Математические расчеты были выполнены с помощью пакета прикладных программ Mathcad, выбор которого обусловлен его широкими математическими возможностями.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что теоретические значения близки к фактическим, следовательно, полученное уравнение можно использовать для расчета приобретаемого количества электроэнергии.

Применение разработанной математической модели позволит наиболее точно определить, а, следовательно, запланировать объемы приобретаемой и расходуемой электроэнергии в будущем в целях оптимизации расходов предприятия.

Данная модель с учетом расширения множества факторов может быть применена для прогнозирования энергопотребления на предприятиях других отраслей.

Совместная оптимизация параметров фильтра нижних частот и оптимального фильтра параметров линейного движения квадрокоптера

Лебедев И.В.
Научный руководитель – ст.преп. Бирюков Б.Л.
СПб ГУАП, каф. №11
ivlebedev1@mail.ru

Массовый интерес к квадрокоптерам возник в последнее десятилетие, когда стали широко распространены миниатюрные микроэлектромеханические датчики, относительно емкие и мощные аккумуляторы и электродвигатели с улучшенными характеристиками. Из-за большего числа быстро движущихся элементов, чем в БПЛА, выполненных по стандартной самолетной схеме, на борту квадрокоптера присутствуют более выраженные вибрации, поэтому требуются меры по снижению влияния вибрационной помехи для работы датчиков. В то же время присутствуют и собственные погрешности датчиков с флуктуационной и регулярной составляющими погрешности.

Так как спектр вибраций на борту квадрокоптера является дискретным и расположен в полосе верхних частот, то для снижения влияния этой погрешности синтезируется фильтр нижних частот. Для остальных составляющих погрешности измерений синтезируется фильтр Калмана. Учитывая существенное различие характеристик погрешностей, допустимо с целью упрощения синтеза рассматривать раздельное построение соответствующих фильтров. Вместе с тем, принимая во внимание то, что показателем качества системы является конечная точность определения параметров линейного движения квадрокоптера, оптимизация двух фильтров должна осуществляться согласованно.

Построение и совместная оптимизация двух отдельных фильтров применяется для упрощения оценивания параметров линейного движения квадрокоптера. Это связано с тем, что построение одного оптимального фильтра Калмана для оценивания вектора, включающего в себя параметры движения и все составляющие погрешностей датчиков, связано со значительным увеличением его размерности, что повлечет увеличение объема вычислений и усиление требований к их точности.

Выбор типа фильтра нижних частот и его параметров основывается на результатах исследования фильтров Чебышева и Бесселя. Так как фильтр нижних частот располагается только в одном канале измерений, а в других каналах отсутствуют компенсирующие звенья, то, чтобы сохранить инвариантность комплексной системы, фильтру необходимо иметь минимальные динамические искажения, что обеспечивается максимальной линейностью ФЧХ, которая более линейна у фильтра Бесселя, чем у

фильтра Чебышева. Синтез фильтра Калмана осуществляется в варианте построения непрерывной стохастической системы и последующим определением параметров фильтра. Выбор структур фильтров производится в соответствие с известными методиками, что, однако, не исключает возможности последующего уточнения этих структур. Затем проводится совместная оптимизация параметров указанных фильтров и вычисление результирующей погрешности измерения параметров линейного движения квадрокоптера.

В результате работы был получен фильтр Калмана для разрабатываемой системы в виде передаточной функции, выведены уравнения для определения дисперсии ошибки оценки высоты полета квадрокоптера с учетом погрешности от вибрации и проведены исследования различных зависимостей. Компьютерное моделирование системы показало, что ошибка при использовании фильтра нижних частот совместно с фильтром Калмана меньше, чем при использовании только фильтра Калмана, не учитывающего наличие вибрационных погрешностей.

Оптимизация траектории перелёта к астероиду с использованием эфемерид в импульсной постановке без учёта притяжения Земли

Мамонтов Е.К.[1)], Самохин А.С. [1, 2)], Самохина М.А.[1, 2)]
Научные руководители - к.ф.-м.н., доц. Григорьев И.С.[2)],
к.ф.-м.н., проф. Заплетин М.П. [1, 2)]
[1)] Инженерная академия РУДН, г. Москва
[2)] Мехмат МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва
hunter.evgeniy@yandex.ru

Рассматривается задача космодинамики. Оптимизируются траектории пространственных межпланетных перелётов космического аппарата (КА) между Землёй и астероидом. Полагается, что гравитационное поле Солнца — центральное ньютоновское, а притяжение Земли и астероида в работе не учитывается. Считается, что КА представляет из себя непритягивающую материальную точку, координаты и вектор скорости его центра масс совпадают в начальный момент времени с координатами и вектором скорости центра масс Земли, в конечный момент времени — с соответствующими характеристиками астероида. Моменты старта и финиша КА оптимизируются. Управление осуществляется двумя импульсными воздействиями, аппроксимирующими разгон КА около Земли и торможение около астероида. Минимизируется сумма величин импульсов.

Для вычисления координат и скоростей Земли и астероида используется пакет SPICE [1], позволяющий вычислить эфемериды в нужный момент времени. При этом учитывается множество факторов, влияющих на траектории небесных тел, в том числе: притяжение 300 наиболее крупных тел Солнечной системы, релятивистские эффекты, солнечный ветер. Задача космодинамики формализуется как задача оптимального управления в импульсной постановке [2]. Основываясь на принципе Лагранжа осуществляется переход от решения исходной задачи к решению краевой задачи. Краевая задача решается численно методом стрельбы с использованием метода Ньютона с модификацией Исаева-Сонина. Задачи Коши интегрируются численно методом Рунге-Кутты с автоматическим выбором шага [3]. Системы линейных уравнений решаются методом Гаусса с выбором главного элемента. Решение строится в системе отсчёта J2000.

В результате решения краевой задачи построены траектории перелётов к различным астероидам, проводится их анализ в зависимости от параметров задачи.

На основе решения задач в импульсной постановке в дальнейшем могут быть построены траектории перелёта КА с ограниченной большой тягой [4]. Проектирование миссий к астероидам с выравниваем скоростей в конце является актуальной научной проблемой, связанной с такими задачами как установка маяка на потенциально опасный для Земли астероид с целью уточнения его орбиты, изучение состава вещества небесных тел, испытание новых технологий, и прочими исследованиями Солнечной системы. Этой проблеме посвящено большое число исследований, отметим работу [5].

Список литературы

1. Эфемериды URL: http://naif.jpl.nasa.gov/naif

2. Григорьев И.С., Григорьев К.Г. "К проблеме решения в импульсной постановке задач оптимизации траекторий перелетов космического аппарата с реактивным двигателем большой тяги в произвольном гравитационном поле в вакууме" // Космические исследования 2002. Т.40. N1. С. 88-111.

3. Хайрер Э., Нёрсетт С.П., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Москва, Изд-во Мир, 1989, 512 с.

4. Григорьев И.С., Григорьев К.Г. Об использовании решений задач оптимизации траекторий КА импульсной постановки при решении задач оптимального управления траекториями КА с реактивным двигателем ограниченной тяги. I. // Космические исследования. 2007. Т.45. N4.

5. Григорьев И.С., Заплетин М.П. Проблема построения экстремалей Понтрягина в задачах оптимизации перелетов космического аппарата к астероидам // Автоматика и телемеханика. N9, 2009. С. 69-84.

Субоптимальная стабилизация спутника в условиях параметрической неопределенности

Немыченков Г.И.
Научный руководитель – доцент, д.ф.-м.н. Бортаковский А.С.
МАИ, каф. 805
grigorian_05@list.ru

Рассматривается задача активной стабилизаци колебаний спутника двигателями малой тяги. Спутник движется по круговой орбите и в плоскости орбиты совершает колебания вокруг центра масс. Требуется привести спутник в положение равновесия с минимальным расходом топлива. Предполагается, что начальное положение объекта управления точно неизвестно, а известно множество возможных начальных состояний. Поэтому ставится задача управления пучком траекторий. Для управления пучком применяется оптимальное управление одной траекторией. Такой подход приводит к субоптимальному управлению пучком.

Разработана программа, позволяющая решать следующие задачи: нахождение оптимального управления одной траекторией движения спутника; моделирование пучка траекторий при заданном программном управлении, вычисление характеристик движения пучка траекторий. Как показали расчеты, применение метода штрафных функций для учета терминальных ограничений оказывается неэффективным. Поэтому для выполнения этих ограничений программа строит виртуальную линию последнего включения двигателя. При достижении этой линии начинается последний активный участок. Синтез оптимального управления одной траекторией выполняется на основе принципа максимума с использованием результатов. Важной особенностью рассматриваемой постановки является учет реализуемой (ограниченной) точности исполнения команд включения и выключения двигателя. При этом задача оптимизации моментов переключений становиться дискретной.

Результаты расчетов показали, что при управлении одной траекторией количество активных участков не влияет на расход топлива. Поэтому, если учитывать неэффективные затраты топлива при включении и выключении двигателя, то можно считать оптимальным режим с одним активным участком. Однако, количество активных участков при управлении пучком траекторий влияет на разброс конечных состояний, т.е. на точность выполнения терминальных ограничений. Оказалось, что погрешность уменьшается при увеличении количества активных участков. Оценить, какие характеристики важнее – точность, расход топлива, количество включений и выключений двигателя программным образом нельзя. Поэтому окончательный выбор лучшего управления пучком траекторий остается за лицом, принимающим решение.

К вопросу прогнозирования максимально-допустимого уровня развития аэрокосмического комплекса относительно социальных и экономических возможностей государства

Пестун У.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Бурлов В.Г.
СПбПУ, ФИДО
Ulun2015@yandex.ru

Аэрокосмический комплекс является одним из самых наукоемких и технологически продвинутых, в тоже время развитие предприятий данного комплекса является достаточно ресурсозатратным, что обусловлено как немалыми экономическими потребностями, так и потребностями в квалифицированных кадрах.

Несоответствие потребностей предприятий аэрокосмического комплекса и возможностей государства может привести:

в лучшем случае к несбалансированному развитию, когда возможности государства превысят потребности предприятий и комплекса в целом;

деградации и банкротству, когда потребности значительно превысят возможности государства.

Соответственно большой и интерес представляет задача определение максимально-допустимого уровня развития аэрокосмического комплекса относительно социальных и экономических возможностей государства.

Решение такой задачи целесообразно с использованием модели, построенной на основе синтеза, так как только синтезированные модели дают возможность формирования входные параметры как заданные, т.е. формировать управление для достижения максимально-допустимого развития аэрокосмического комплекса относительно социальных и экономических возможностей государства.

Синтез модели, как сложной системы предполагает использование фундаментальной концепции системотехники, изложенной в трудах Г.Х Гуда, Р.Э. Маккола, Б.А. Резникова, А.В. Ильичева, В.Г. Бурлова, однако необходимо отметить, что необходимый критерий построения системы изложен только в методологии В.Г. Бурлова.

Данный критерий представлен в виде «Закона сохранная целостности» и заключается в том, что выделяется объект, выделяется действие и связываются между собой через предназначение системы. Установление данной связи позволяет получить условия существования процесса жизнедеятельности системы, что дает принципиальную возможность организовать управление по обратной связи.

Учитывая выше изложенное, в рамках данной работы адаптирована модель «Взаимовлияния социальной, экономической и технологической систем государства» и соответствующий методический аппарат, позволяющие формировать вектора управления, для достижения максимально-допустимого развития аэрокосмического комплекса относительно социальных и экономических возможностей государства.

Гомановские и биэллиптические схемы в задаче перелета КА с низкой круговой орбиты со сбросом ступеней в атмосферу

Проскуряков А.И.
Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н. Григорьев И.С.
Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Баку, каф. тех. наук
ap_91@mail.ru

Очистка околоземного пространства от космического мусора является одной из актуальных проблем современности. Официальный статус проблема космического мусора получила в 1993 году (доклад Генерального Секретаря ООН “Воздействие космической деятельности на окружающую среду”). В работе используется идея сокращения замусоренности околоземного космического пространства за счет торможения отработанных ступеней до скорости входа в атмосферу Земли.

Решается задача перехода космического аппарата (КА) с низкой опорной круговой орбиты искусственного спутника Земли на геостационарную (ГСО) или целевую эллиптическую орбиту с заданным импульсом довыведения. Перелет рассматривается в импульсной постановке, импульсы прикладываются в апсидальных точках, масса двигателя и дополнительных конструкций в постановке задачи не учитывается и сухая масса ступени считается пропорциональной массе находящегося в ней топлива. Отделившиеся ступени за счет дополнительных импульсных воздействий переводятся на орбиты, касающиеся границы атмосферы. Максимизируется полезная масса на конечной орбите.

Рассматриваются различные траектории перелета КА. В задаче перехода на ГСО решения были получены для гомановских и биэллиптических траекторий. Под разделением импульса понимается ситуация, когда часть импульса из основной траектории (гомановской или биэллиптической) реализована за счет топлива из одной ступени, а вторая часть – из другой. Рассматривались следующие гомановские траектории: отделение первой ступени на единственной переходной орбите (один параметр оптимизации, одна переходная орбита), разделение первого (разгонного) импульса (три параметра оптимизации, две переходные орбиты), разделение установочного импульса (три параметра оптимизации, две переходные орбиты). При разделении первого импульса первая ступень переводится на орбиту, касающуюся границы атмосферы, с первой переходной орбиты, при разделении установочного импульса – со второй переходной орбиты. Вторая ступень переводится на орбиту, касающуюся границы атмосферы, всегда с геостационарной орбиты. Аналогичные траектории были рассмотрены для случая биэллиптического перелета.

Оказалось, что в случае гомановского перелета при разделении установочного импульса решение задачи максимизации полезной массы не совпадает с решением задачи минимизации суммы импульсов, разделяемые импульсы в указанной ситуации не являются сонаправленными, максимум полезной массы соответствует разделению второго импульса, в случае биэллиптического – решение задачи максимизации полезной массы не совпадает с решением задачи минимизации суммы импульсов при разделении импульса в удаленной точке и установочного импульса, разделяемые импульсы в указанных ситуациях не являются сонаправленными, максимум полезной массы достигается на протяженном пассивном участке (сброс на первой переходной орбите, ситуация отсутствия разделения импульсов).

В задаче перелета на целевую эллиптическую орбиту проводятся первые расчеты и параметрический анализ полученных результатов.

Применение гибридного метода случайного поиска в задачах глобальной условной оптимизации

Родионова Д.А.
Научный руководитель – профессор, д. ф.-м. наук Пантелеев А.В.
МАИ, каф. 805
d.arya.rodionova@yandex.ru

Разработан алгоритм применения гибридного метода случайного поиска с адаптацией, последовательной редукцией и восстановлением области поиска для решения задач глобальной условной оптимизации. Данный метод является модификацией метода случайного поиска с последовательной редукцией области исследования (метода Luus-Jaakola). В качестве главной стратегии модифицированного метода используются различные процедуры случайного поиска, связанные между собой, как параллельно, так и последовательно. Поэтому метод относится к классу гибридных.

На первом этапе метода применяется процедура адаптивного случайного поиска. Основная идея заключается в том, что при осуществлении процедуры случайного поиска из текущей точки в случае удачной попытки в определенном направлении происходит значительное возрастание величины шага. Целью является интенсивное предварительное

исследование множества допустимых решений и нахождение хорошего начального приближения для реализации дальнейших процедур поиска глобального минимума.

На втором этапе применяется процедура поиска наилучшей пробы. Из текущей точки генерируется определенное число пробных точек, из которых выбирается наилучшая. Текущая точка при этом не учитывается, а из найденной наилучшей точки реализуется дальнейший поиск. Эта процедура позволяет преодолевать локальные минимумы при поиске глобального экстремума. Если из текущей точки поиск в случайных направлениях не удачен, то находится статистический антиградиент и делается пробный шаг в этом направлении. Если и он оказывается неудачным, величина шага уменьшается до тех пор, пока не станет меньше заданной величины. [1]

На третьем этапе применяется метод случайного поиска с последовательной редукцией и восстановлением области исследования (метод Luus-Jaakola), который использует идею переменной области поиска новых решений. Данный метод ранее уже успешно применялся как для решения задач оптимизации, так и для решения задач нахождения оптимального управления детерминированными системами. [2] На каждой итерации данного метода генерируется заданное количество дочерних точек. Среди дочерних точек и начальной точки выбирается наилучшая, которая становится начальной точкой для следующей итерации. В конце каждой итерации сокращается размер области исследования, а после завершения заданного числа итераций завершается «проход» метода. В начале каждого последующего «прохода» размер области исследования восстанавливается. Восстановление размера области исследования позволяет улучшить эффективность метода, уменьшая вероятность сходимости к точке локального экстремума.

Использование нескольких стратегий поиска в одном методе позволяет улучшить сходимость и увеличить точность полученного решения.

Список литературы

1. Пантелеев А.В., Летова Т.А. Методы оптимизации. Практический курс: учебное пособие с мультимедиа сопровождением. - М.: Логос, 2011. - 424 с. (Новая университетская библиотека).

2. Родионова Д. А. Синтез оптимальных детерминированных систем с полной обратной связью методом итерационного динамического программирования // Журнал «Труды МАИ», № 84, 2015. http://www.mai.ru.

Исследование методов комплексной финитно-временной фильтрации сигналов с учетом надежности измерителей

Салий Н.Л.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Иванов Ю.П.
СПб ГУАП, каф. №11
salyniki@yandex.ru

При оценке качества работы системы оценки навигационных параметров необходимо учитывать взаимосвязь точностных и надежностных характеристик измерителей. Использование комплексной обработки сигналов в случае отказа измерителя позволяет применить методы оптимальной оценки сигналов не только с приемлемой точностью, но и определять состояние измерителя без использования контрольной аппаратуры. Если в рассматриваемой задаче формирование оптимальной оценки с учётом надежности измерителей дополнительно используются показания контрольной аппаратуры о состояниях измерителей и известны вероятности, характеризующие достоверности, риски изготовителя и заказчика системы контроля, то в этом случае алгоритм оптимальной оценки изменяется незначительно. В связи с этим в работе был исследован ряд алгоритмов оптимальной обработки сигналов с учетом свойств надежности и точности измерителей и проведен сравнительный анализ по точности оценки.

Рассматривается линейная модель измерений двух датчиков информации комплексной системы с использованием фильтра разностного сигнала, состоящей из

суммы произвольного скалярного полезного сигнала, характеристики модели которого как случайного процесса неизвестны, и погрешности каждого измерителя. Погрешности измерителей на каждом шаге измерения, имеющие разнесённые спектральные характеристики, первые и вторые моменты их моделей как случайных процессов известны.

Каждый измеритель на каждом шаге может находиться в одном из двух состояний. Состояние измерителя «0» соответствует полной работоспособности измерителя, состояние «1» соответствует множеству состояний частичной работоспособности и полной неработоспособности измерителей. В каждом состоянии характеристики погрешностей определяются заданными средними значениями систематических ошибок и известными корреляционными функциями.

В работе на основе использования теоремы Дуба разработан рекуррентный нелинейный алгоритм оценки оптимального по критерию минимума среднего квадрата ошибки полезного сигнала и определения состояний измерителей.

При моделировании исследуемого алгоритма были выбраны следующие исходные данные:

– корреляционная функция низкочастотной погрешности второго измерителя;
– корреляционная функция высокочастотной погрешности первого измерителя;
– значения математических ожиданий погрешностей измерителей в различных состояниях;
– значения дисперсий погрешностей измерителей в различных состояниях;
– надежность измерителей в различных состояниях.

По результатам моделирования было проведено сравнение алгоритмов финитно-временной обработки и фильтрации Калмана с учетом отказов и без отказов измерителей. В результате сравнения алгоритмов было определенно, что финитно-временная обработка при финитной памяти больше трёх, незначительно уступает по точности Калмановской обработки с учетом состояния измерителей, но значительно превосходит фильтр Калмана, если в последнем не учитывает надежность измерителей. При этом ошибки классификации лежат в диапазоне 0,8…0,95.

Исследование двухуровневой задачи стохастического программирования с квантильным критерием и непрерывным распределением случайных параметров

Селиванова О.С.
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Иванов С.В.
МАИ, каф. 804
selivanovaolga93@gmail.com

При исследовании ряда оптимизационных прикладных задач, характерных для техники и экономики, необходимо учитывать случайные факторы, влияющие на функционирование системы. Поэтому соответствующая математическая модель оптимизации содержит в себе случайные параметры и целевая функция потерь также является случайной. В качестве критериальной функции оптимизационной модели, как правило, рассматривается некоторый функционал целевой функции потерь. В качестве такого функционала могут быть использованы вероятность непревышения целевой функцией некоторого уровня, математическое ожидание или квантиль целевой функции потерь. Квантильный критерий предназначен для принятия оптимальных решений в системах, в которых необходимо принимать во внимание возможный риск. Данный критерий характеризует минимальные потери, непревышение которых гарантируется с заданной вероятностью. Как правило, данный критерий применяется в задачах, где требуется большая степень надежности, поэтому уровень вероятности устанавливается близким к единице.

В работе рассматривается двухуровневая задача стохастического программирования с квантильным критерием. В данной задаче присутствуют два лица, принимающие решения: лидер и последователь. Первым принимает решение лидер, зная только закон распределения случайных параметров задачи и структуру задачи

последователя. Предполагается, что случайные параметры распределены по некоторому непрерывному закону. Когда выбрана стратегия лидера, последователь принимает свое решение, зная эту стратегию и реализацию случайных параметров. Стратегия последователя определяется как оптимальное решение задачи нижнего уровня, которая в данной работе считается линейной. Коэффициенты целевой функции задачи нижнего уровня зависят от выбранной стратегии лидера и реализации случайных параметров задачи. Задачей лидера (которая и называется двухуровневой задачей) является задача стохастического программирования с квантильным критерием, в которой присутствуют ограничения на оптимальность стратегии последователя. В связи с тем, что множество оптимальных решений задачи нижнего уровня может не быть единственным, рассматриваются две формулировки двухуровневой задачи: оптимистическая и пессимистическая постановки. В первом случае лидер учитывает при выборе своей стратегии наилучшую для себя стратегию последователя, а во втором – наихудшую. В работе сформулированы условия, при которых с вероятностью единица решение задачи последователя является единственным. В этом случае решения двухуровневой задачи в пессимистической и оптимистической постановках совпадают. С помощью теории линейного программирования получены условия оптимальности решения задачи последователя. Показано, что оптимальное решение задачи последователя достигается в некоторой вершине множества допустимых стратегий, а вероятность оптимальности данного решения зависит от стратегии лидера. Таким образом, для решения задачи лидера необходимо выбрать набор вершин множества допустимых стратегий последователя, который при заданной стратегии лидера обладает вероятностью не менее заданного уровня, и провести дальнейшую оптимизацию по набору вершин и стратегии лидера. Рассмотрен ряд примеров, для которых удается найти точное решение рассматриваемой двухуровневой задачи стохастического программирования.

Оптимизация траекторий непрерывно-дискретных переключаемых систем

Урюпин И.В.
Научный руководитель – доцент, д.ф.- м.н. Бортаковский А.С.
МАИ, каф. 805
uryupin93@yandex.ru

Непрерывно-дискретные переключаемые системы (НДПС) относятся к гибридным системам управления [1]. НДПС представляют собой математические модели динамических систем с автоматной частью, которые описываются дифференциальными уравнениями и рекуррентными включениями. В НДПС переходы из одного состояния в другое могут происходить в произвольные, заранее не заданные моменты времени [2]. Выбор моментов, в которые происходит переключение, является одним из параметров управления и требует оптимизации. НДПС находят широкое применение в авиационной и космической технике.

Рассматривается задача синтеза оптимальной траектории непрерывно-дискретной переключаемой системы, аппроксимирующей непрерывную траекторию. Траектория НДПС является кусочно-линейной функцией и в общем случае не может совпадать с непрерывной заданной кривой. Поэтому для решения данной задачи осуществляется поиск кусочно-линейной траектории, которая наилучшим образом аппроксимирует заданную непрерывную кривую. В отличие от обычной аппроксимации непрерывных функций, здесь учитывается также и количество переключений аппроксимирующей функции.

Для реализации поставленной задачи был модифицирован алгоритм синтеза оптимальных переключающих систем [3]. В отличие от основного алгоритма, модификация позволяет выполнять кусочно-линейную аппроксимацию непрерывных траекторий. Задача сводится к решению рекуррентного уравнения с интегральной частью. Процесс решения на начальном шаге осложняется наличием двух операций минимизации и завершается третьей операцией целочисленной минимизацией. В среде программирования MATLAB разработана программа, реализующая алгоритм синтеза

оптимальной конструкции НДПС. Интерфейс программы позволяет строить как оптимальные траектории с заданными начальными условиями, так и траекторию с наилучшим начальным состоянием. Кроме построения траекторий, программа визуализирует области переключений в синтезе. Получены численные решения задачи синтеза непрерывно-дискретной переключаемой системы, выполняющее кусочно-линейную аппроксимацию непрерывной траектории.

Список литературы

1. Васильев С.Н., Маликов А.И. О некоторых результатах по устойчивости переключаемых и гибридных систем. Актуальные проблемы механики сплошной среды. К 20-летию ИММ КазНЦ РАН. – Казань: Фолиант, 2011. – Т.1, 2. с. 23-81.

2. Бортаковский А.С. Оптимизация переключающих систем. М.: Изд-во МАИ, 2016.

3. Бортаковский А.С. Синтез оптимальных переключающих систем. Известия РАН. Теория и системы управления, 2015, № 5, с. 48-72

Разработка спектрального алгоритма и программы для вычисления дробного интегродифференциалного оператора в системе функций Фабера-Шаудера

Цветаев В.Е.
Научный руководитель – доцент, Рыбин В.В.
МАИ, каф. 805
vovkadav@list.ru

Разработка пакетов расширения для систем компьютерной математики, которые позволяют исследовать дробные версии математических моделей финансовых и экономических систем является актуальной задачей. Эти математические модели учитывают хаотические и периодические движения, влияние памяти процесса и других явлений, связанных с функционированием экономических систем.

В настоящее время для моделирования дробных математических моделей применяется спектральным методом, алгоритмы которого реализованы в виде пакетов расширения различных системы компьютерной математики MLSY_SM, Spektr_SM+Simulink+Matlab, Spektr_SM+VisSim+Mathcad. Эти программные комплексы не содержат пакеты программ дробных операторов в системе функций Фабера-Шаудера.

Целью в данной работе являлась разработка спектрального алгоритма и программ для вычисления дробного интегродифференциалного оператора в системе функций Фабера-Шаудера для пакета расширения MLSY_SM_SH+Mathcad.

На первом этапе был разработан пакет расширения MLSY_SM_SH+Mathcad, содержащий подсистему программных модулей, реализующих вычисления элементов матрицы двумерной нестационарной передаточной функции обобщенного интегродифференцирующего звена по системе функций Фабера – Шаудера для пакета расширения MLSY_SM_SH+Mathcad.

На втором этапе разработанный пакет MLSY_SM_SH+Mathcad применен для решения модельного примера спектральным методом интегрального уравнения Абеля.

Результатом выполненной работы является вывод символьного спектрального алгоритма для вычисления дробного интегродифференцирующего звена в системе функций Фабера-Шаудера. Сформирована программа вычисления ДНПФ дробного интегродифференцирующего звена в системе функций Фабера-Шаудера для пакета расширения MLSY_SM_SH+Mathcad. Работа разработанной программы демонстрируется на модельном примере.

Направление «Экономика и менеджмент предприятий аэрокосмического комплекса»

Секция «Государственное и муниципальное управление»

О деятельности Министерства молодежной политики и спорта Республики Башкортостан

Арефьев Н.Н.
Научный руководитель – к. пед. н. Лесконог Н.Ю.
МАИ, каф. ГМУПиП
smacab@mail.ru

Молодежная политика в Республике Башкортостан имеет свои особенности. Во-первых, Республика Башкортостан является одним из немногих субъектов Российской Федерации, в которых нет регионального закона о молодежи. Во-вторых, длительное время в республике существовала ведомственная разобщенность при реализации государственной молодежной политики: функции по ее реализации были возложены на Министерство культуры, молодежной политики и массовых коммуникаций, в связи с чем, молодежь воспринималась скорее как часть объекта воздействия культурной политики, а не молодежной. Ведомство решало следующие задачи: 1) создание условий для получения художественного образования и приобщения к искусству и культуре детей, подростков и молодежи Республики Башкортостан; 2) совершенствование системы патриотического воспитания молодежи Республики Башкортостан; 3) вовлечение молодежи Республики Башкортостан в социально-экономические процессы.

На основании Постановления «О государственной программе развития молодежной политики в Республике Башкортостан» от 20 июня 2012 года №201 функции по реализации молодежной политики переданы Министерству молодежной политики и спорта Республики Башкортостан (далее – Министерство). Одной из ключевых функций Министерства является разработка и реализация целевых программ. В настоящее время в Башкортостане реализуется программа «Создание условий для эффективной самореализации молодежи Республики Башкортостан», которая решает следующие задачи: 1) формирование системы поддержки инициативной, талантливой молодежи; 2) развитие форм трудовой и экономической деятельности молодежи; 3) развитие системы гражданского и патриотического воспитания молодежи.

Молодежная политика в республике хорошо информационно поддерживается. Среди форм информационной поддержки можно выделить: ведение базы данных и мониторинг СМИ; заключение договоренностей со СМИ по освещению деятельности государственных учреждений и некоммерческих организаций, осуществляющих молодежную политику, регулярная рассылка и обмен пресс-релизами; проведение пресс-конференций и брифингов по актуальным вопросам для молодежи; обучение и поощрение журналистов, освещающих молодежную тематику.

В заключении отметим, что Министерство выполняет в большей степени координационные функции: руководство, планирование и управление, грамотно использует возможности информационной поддержки молодежной политики.

К вопросу о реализации государственной миграционной политике

Белозубова Л.А.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Шаламова Л.Ф.
МАИ, каф. ГМУПиП
belozubova96@mail.ru

В настоящее время всё острее ощущается необходимость в эффективной реализации государственной миграционной политики. Межгосударственная миграция стала неотъемлемой частью социально- экономической картины мира. Но при этом, как

следствие миграционных процессов возникают локальные конфликты, угрозы безопасности, растет социальная напряженность.

К основным проблемам, вызванным миграционными процессами можно отнести следующие проблемы:

- отклонение уровня безработицы от естественного из-за предпочтения использования работодателями дешевой рабочей силы мигрантов;
- возрастание потока нелегальных мигрантов, приводящему к возникновению нарушений как в налоговой сфере, так и в механизмах оплаты труда;
- возрастание социальной напряженности, связанной с негативным отношением коренного населения к культуре мигрантов, их поведению;
- возникновение межнациональных и международных проблем в связи с недостаточным регулирование миграционных процессов и т.д.
- повышение уровня преступности и возрастание социальной напряженности

Поэтому возникает необходимость в формировании и реализации эффективной миграционной политики государства.

К наиболее важными аспектами российской государственной миграционной политики можно отнести:

- обеспечение реализации гражданами РФ прав на свободу перемещения;
- гарантирование защиты и поддержки трудящихся-мигрантов за рубежом;
- сдерживание притока мигрантов в определенные регионы страны и напротив привлечение их;
- обеспечение рабочей силой промышленных объектов и сельскохозяйственных территорий в районах нового освоения и др.

Признавая важную роль государства в решении миграционных проблем, необходимым является выяснение позиции молодежи относительно миграционной политики государства и оценки его деятельности в данной сфере. Нами было опрошено 50 респондентов в возрасте от 18 до 23 лет. 66% опрошенных женского пола. Почти половина из них –студенты. Опрос показал, что основное количество респондентов понимают, что такое миграционная политика. Однако, большинство из них (порядка 65%) не владеют информацией о реорганизации государственных органов, реализующих миграционную политику, и основным органом государственного управления в данной сфере называют Управление Федеральной миграционной службы по субъекту РФ. 96 % участников опроса считают, что причиной миграции является работа по найму. 76 % респондентов наблюдали негативную реакцию местного населения по отношению к мигрантам. При этом респонденты по разному относятся к мигрантам из различных территорий страны и зарубежья. Так, например, к мигрантам с Дальнего Востока нашей страны плохо относятся 38% опрошенных, а к мигрантам из Среднего и Южного Кавказа негативно относятся 50% респондентов. Что касается оценки эффективности государственной миграционной политики только 4% респондентов считают ее эффективной, а еще 36 % оценивают как не в полной мере эффективную. Это свидетельствует о том, что органы власти должны не только осуществлять эффективную государственную миграционную политику, но и гораздо больше уделять работе с молодежью в данной сфере.

К вопросу о реализации государственной космической политики

Болотина А. И.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Шаламова Л.Ф.
МАИ, каф. ГМУПиП
aleksandra.bolotina.96@mail.ru

Наше государство первым вышло в комическое пространство и является одним из лидеров его освоения.

Сегодня решение задачи освоения космического пространства — это не только воплощение мечты человечества, но, прежде всего, развитие научного потенциала

государства, решение проблем обеспечения его безопасности и развития новых технологий в различных сферах экономики.

Ведущим субъектом государственного управления космической деятельностью являются государственной корпорации "Роскосмос". В собственности государства находится почти вся инфраструктура космической отрасли.

Политика российского государства в области освоения комического пространства направлена на то, чтобы прежде всего выйти на современный технологический уровень космической деятельности и эффективно применять ее результаты в науке, промышленности, решении разнообразных проблем жизнеобеспечения муниципальных образований, повышении обороноспособности страны и т.д.

Не маловажным является эффективное, инновационное развитие аэрокосмической отрасли и сохранение лидирующих позиций в этой сфере.

Очевидно, что решение этих задач без привлечения в комическую отрасль молодых кадров, не представляется возможным. Нами был проведен опрос молодежи на предмет ее отношения к реализации государственной космической политики. В исследовании приняли участие 80 человек, из них 55% мужчин, 45% - женщины. Большинство опрошенных (40%) в возрасте от 21 до 25 лет, 32,5% опрошенных в возрасте от 18 до 20 лет и 27,5% в возрасте от 25 до 30 лет. Большая часть принявших участие в анкетирование имеют высшее образование или неоконченное высшее (являясь студентами вузов). В результате анкетирования было выявлено, что большинство молодежи не интересуются космической политикой страны (51,25%). 42,5% отметили, что получают информацию из СМИ. И лишь 2,5% молодежи активно интересуются реализацией космической политики. При этом большая часть опрошенных молодых людей, считают что нашей стране необходимо развитие космической политики, так как это необходимо для обороны страны, для развития новых технологий, для поддержания имиджа страны. И все же каждый седьмой респондентов считает, что в развитии космической политики нет необходимости.

73,75% опрошенных считают, что нашей стране необходимо развивать международное сотрудничество в области космических технологий, 25% участников опроса считают, что в этом нет необходимости.

Для нас важным был вопрос о том, необходимы ли дополнительные знания современной молодежи в области космической политики? Только третья часть респондентов считает, что получают достаточно информации в учебных заведениях и СМИ о реализации космической политики. В то же время 66,25 % респондентов ответили, что дополнительные знания им необходимы.

Таким образом, из опроса следует, что среди задач реализации государственной космической политики, необходимо выделение направления, связанного с популяризацией данного направления информации в молодежной среде.

К вопросу о деятельности органов государственной власти по развитию самолетостроения

Буланов В.С.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Шаламова Л.Ф.
МАИ, каф. ГМУПиП
vladvladek@mail.ru

В транспортной системе современной России воздушный транспорт является одним из основных видов пассажирского транспорта.

Но при этом авиационная промышленность переживает не лучшие свое времена.

Износ основных фондов и оборудования превышает 50%, Большое количество существующего пака воздушных судов находится на заключительной стадии эксплуатации, приближается к выработке своего ресурса и технически устарела.

Россия производит пассажирские ближнемагистральные (SSJ 100, Ан – 148), среднемагистральные (Ту 204 СМ, Ту -214), дальнемагистральные самолеты (ИЛ -96), а также грузовые самолеты (ТУ 204-120 СЕ) и самолеты амфибии (Бе – 120). Ведется

разработка среднемагистрального пассажирского самолета МС-21 и регионального пассажирского самолета Ил -114.

Гражданские самолеты производятся на пяти основных площадках:

Авиационный завод в Комсомольске –на-Амуре (Хабаровский край); Завод «Авистар –СП» (Ульяновская область); Воронежское акционерное самолётостроительное общество (Воронежская область), Казанский авиационный завод имени СП. Горбунова (Татарстан), Таганрогский авиационно- научно технический комплекс имени Г.М. Бериева (Ростовская область).

Для развития авиационной промышленности Правительством Российской Федерации была утверждена Федеральная Программа «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025годы». Цель этой программы – создание высококонкурентной авиационной промышленности и закрепление ее позиции на мировом рынке в качестве третьего производителя по объемам выпуска авиационной техники.

Для реализации данной программы необходимо привлечение высоко квалифицированной рабочей силы, что несомненно предусматривает привлечение наиболее подготовленной молодежи в данную отрасль промышленности. Нами был проведен социологический опрос на предмет выявления отношения молодых людей к деятельности органов государственной власти по развитию самолетостроения.

Всего в опросе приняли 100 человек, по случайной выборке. Большинство из них являются студентами (84%). На вопрос, считают ли они развитие гражданского самолетостроения одним из самых важных вопросов для нашей страны, только 40% респондентов дали положительный ответ. Каждый четвертый респондент так не считает, и еще 35 % затруднились дать ответ. Абсолютное большинство респондентов (75%) оценивают состояние и качество современного российского авиапрома как негативное. Качество российских самолетов как хорошее оценивают только 13% участников опроса. При этом только 44 % респондентов считают, что государство достаточно вкладывает средств в эту отрасль. Оценка качества российского самолетостроения по сравнению с западными странами практически разделилась поровну: 48% считают, что качество отечественного авиапрома хуже зарубежного, 43% придерживаются мнения, что оно такое же. Надо отметить, что все ответы молодых людей строятся на не квалицированном мнении, а на сложившихся в обществе стереотипах. Так как только 12 % участников опроса отметили, что они следят за новостями в области самолетостроения и российской авиации в целом. При этом 72% респондентов уверены, что государство должно наибольшее внимание уделять качеству самолетов, 18 % молодых людей на первое место выдвигают приоритеты подготовки квалифицированных пилотов.

Ценностные ориентации студенческой молодежи и их влияние на развитие жизненной траектории

Васина А.А.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Шаламова Л.Ф.
МАИ, каф. ГМУПиП
vasina-nastya1996@mail.ru

В современный период российского государства первоочередной потребностью является обеспечение инновационных сфер производства высококвалифицированными кадрами, ориентированными на работу в приоритетных отраслях экономики.

При этом ценностные ориентации человека определяют его поведение и отношение к окружающему миру, позволяет ему размышлять о целях его жизни, найти свое место в мире. Ценностные ориентации составляют ядро структуры личности, выступают в качестве критерия при выборе идеала, определяют формирование и развитие мотивационной сферы, стимулируют самосовершенствование.

Выделяют следующие наиболее характерные черты ценностных ориентаций: знания о состояниях, которых желательно достичь; следы специфических ситуаций;

возможность изменения поведения личности; высокую степень важности для образа жизни; представления или верования.[6]

Осмысливая процессы формирования трудового поведения и сознания молодежи, ее роли в условиях современной России, следует отметить, что ценностные ориентации играют определяющую роль в формировании жизненной траектории молодежи.

Сегодня, наряду с решением проблем социально-экономического развития, необходима новая концепция формирования человеческих ценностей. Необходимо принятие мер законодательного и воспитательного характера, в результате которых должен формироваться новый механизм мотивационных установок, стимулирующий включение молодежи в общественно полезную деятельность, ее вовлеченность и заинтересованность общественно значимыми проблемами.[7]

В связи с этим перед нами была поставлена задача изучения ценностных ориентаций современной молодежи.

В анкетирование приняли участие 60 человек: 35 мужчин и 25 женщин. Возраст опрошенных колеблется от 18 до 30 лет. При этом 71,67% опрошенных в возрасте до 25 лет. Большая часть опрошенных являются студентами вузов – 88,33 %, при этом 25 % уже имеют одно оконченное высшее образование. В результате опроса было выявлено, что большая часть молодых людей ценят в людях такие качества, как доброта (26,67%), ум (25%), целеустремленность (20%). Наиболее значимыми критериями жизненного успеха для современной молодежи являются богатство (так ответили 28,33% опрошенных) и наличие5 семьи (23,33%). Подавляющее большинство молодых людей считают, что у них есть цель в жизни (91,67%). При этом основная часть респондентов главной целью в жизни считают хороший заработок (30,91%), а не ориентацию на участие в приоритетных направлениях развития экономики страны. Необходимо отметить, что только 10 % респондентов считают ценностью для себя интересную работу. Следует отметить, что значительная часть опрошенных связывает обеспечение своего будущего прежде всего с переездом в другую страну. Так считает треть респондентов.

Очевидно, что решение современных задач развития приоритетных направлений развития экономики должно быть связано, прежде всего, с формированием адекватных ценных ориентаций молодых людей.

Анализ демографической политики и пути её совершенствования на примере Липецкой области

Головина О.А
Научный руководитель – доцент, к.п.н. Селиванова М.А.
ЛГПУ им. П. П. Семёнова-Тян-Шанского, каф. Управления
Olgag1996@mail.ru

Россия – это страна, которая занимает по площади территории первое место в мире, однако теряет свои позиции на демографическом поле. Если в 1991 г. по численности населения РФ была на 6 месте, то в 2012 г. – 10 место, а по некоторым прогнозам к 2050 г. Россия будет занимать 14 место . По данным Росстата, Россия в 2013 году впервые преодолела естественную убыль населения.

Численность постоянного населения Липецкой области на март 2016 г. составила 1155,8 тыс. человек. Проанализировав данные Федеральной государственной службы демографической политики по Липецкой области на начало 2016 года , можно сделать следующие выводы:

-снижение рождаемости на 8 % по сравнению с 2015г.

[6] См. Кучмаева О.В. Дифференциация и тенденции ценностных ориентаций российской молодёжи // Культурное наследие России. 2013. № 2. С. 32

[7] Романова Е.Г. Корреляция общественных стереотипов и духовных потребностей в процессе формирования ценностных ориентаций современной молодёжи // European Social Science Journal. 2014. № 7-2 (46). С. 306

- в целом число умерших снизилось на 6%, однако число умерших детей до 1 года увеличилось , что составило 28 человек по сравнению, в аналогичный период 2015 года это количество составляло 18 человек.

-уменьшилось и количество браков на 26%..

Анализ демографической ситуации в области в общем виде характеризуется положительно, однако в виду, сложной экономической ситуации, прослеживаются и проблемы. В сложившейся ситуации необходимо принять меры, направленные на изменение демографической ситуации, используя все возможные резервы и возможности управленческого, научного и экономического характера.

Считаю целесообразным, в качестве мер, направленных на изменение динамики демографических процессов в регионе, следующие:

-сохранение и введение компенсационных надбавок к заработной плате, работающим на предприятиях с вредными и опасными условиями труда.

-реализацию инвестиционных проектов по развитию промышленности, туризма, предоставление налоговых льгот для бизнеса на территории Липецкой области.

-возможно, создание в Администрации Липецкой области комиссии по демографическим вопросам, обеспечивающей контроль над проведением демографической политики и оценку ее эффективности..

Также для уточнения и корректировки демографической политики в соответствии с возникающими особенностями и тенденциями в развитии демографической ситуации необходимо создание системы мониторинга за демографическими процессами.

Таким образом, развитие демографической политики в Липецкой области, обеспечение выполнения федеральных и областных нормативных правовых актов социальной направленности создают дополнительные возможности для улучшения демографической ситуации в регионе, несмотря на отдельно взятые проблемы, которые возможно решить, совершенствуя данную систему предложенными мерами.

Деятельность органов государственной власти по охране окружающей среды

Горбачев П.В.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Шаламова Л.Ф.
МАИ, каф. ГМУПиП
Gorbachev_pasha@list.ru

Деятельность органов государственной власти в сфере природопользования, экологии и охраны окружающей среды в настоящее время является важнейшей частью организационно-правового воздействия на разумное природопользование и охрану окружающей среды.

Приоритет методов управления природопользованием и охраной окружающей среды постоянно менялся на различных периодах развития общества, но при этом формы управления оставались почти одинаковыми.

Например, сейчас все чаще используется метод разрешения, а наименее популярным и редко используемым становится метод санкционирования; меняется баланс между использованием экономического и административного методов.

Постоянно меняющееся законодательство способствует появлению новых возможностей для обжалования в судебном порядке решений различных органов государственной власти.

Особое внимание при этом уделяется повышению эффективности участия граждан и различных общественных объединений в решениях, проводимых органами государственной власти в отношении экологии, а также на взаимодействие народа и государства.

В связи с непрерывным развитием общества растут и потребности человека в соприкосновении с природой, но при этом, ресурсы, необходимые людям, уменьшаются намного быстрее, чем восполняются. В настоящее время экологическая обстановка в мире довольно неблагоприятная, природе все сложнее выдержать постоянное вмешательство человека в свои процессы.

Все это заставляет нас принимать меры по урегулированию вмешательства человека в экологию, а также стараться с самого детства прививать гражданам информацию о том, что как именно сохранить окружающую среду и оберегать природу.

Из отчетов, которые были составлены экологами - экспертами России касательно окружающей среды и природы, можно сделать крайне неутешительные выводы. Состояние земель ухудшается все сильнее, воды постепенно загрязняются, средняя температура воздуха растет, а это в сою очередь провоцирует таяние ледников. К сожалению перечень катаклизмов, происходящих на нашей планете постоянно увеличивается.

Для улучшения общего природного состояния, Правительство РФ разработало и внедрило особый комплекс мероприятий, а также выделить для них целый год. Благодаря этим мерам, в 2017 году предполагается общее улучшение экологической ситуации в стране и не только.

В заключение хотелось бы сказать, что 2017 год объявлен в России годом экологии, а это означает, что именно этот год может привнести кардинальные перемены в сознании людей и сделать красивей, чище и безопасней природу не только нашей страны, но и всей планеты.

Феномен политического лидерства на постсоветском пространстве в конце XX века

Комиссаров А.А.
Научный руководитель – к. пед. н. Лесконог Н.Ю.
МПГУ, каф. СПИиТ
a.k.93@yandex.ru

В 1990 – 1991 гг. в период упадка и развала Советского Союза, страны, входящие в его состав, получили независимость, был дан толчок к развитию института политического лидерства в рамках новых независимых государств. Процесс формирования новых политических элит и возникновения новых политических лидеров на постсоветском пространстве происходил на фоне глубокого кризиса в обществах с низким уровнем политической культуры и стереотипами о тоталитарном государственном управлении.

Переход бывших республик Советского Союза к демократии происходил спонтанно, часто вызывая массовые стачки и митинги. Политические лидеры возникали из толпы, их главной отличительной чертой была харизматичность. К таким лидерам можно отнести: Б.Н.Ельцина (первого Президента Российской Федерации), В.В.Жириновского (председателя Либерально-демократической партии Советского Союза), З.К. Гамсахурдия (первого Президента Грузии). Они лидеры с сильной позицией, с высокой степенью экспрессии. За такими личностями люди шли с верой в неповторимые, а иногда и сверхестественные качества лидера. Подобные лидеры порождали народные движения, провоцировали столкновения с противниками по политической мысли. Из чего можно сделать вывод, что на постсоветском пространстве к концу XX века, наблюдалось преобладание лидеров харизматичного типа.

Политический лидер всегда нуждается в лимите доверия со стороны населения. Сплочение диаметрально противоположных групп населения с целью реализации политической программы было характерной чертой процесса формирования политического лидерства на территории бывших стран Советского Союза конца XX века. Каждый лидер избирал свои механизмы влияния на общество: харизматичный лидер консолидировал общество на почве того, что люди верили в его сильные качества, зачастую приписывая ему качества, которыми он не обладает; авторитарный лидер же действовал с позиции силы, запугивания, подавления.

К началу XXI века авторитарный тип лидерства стал доминирующим на постсоветском пространстве. В большинстве стран, которые получили суверенитет после развала Советского Союза, сформировались президентские республики. Политический лидер – глава республики, глава государства на постсоветском пространстве - концентрировал всю полноту власти в своих руках. Примерами таких лидеров являются

Н.А.Назарбаев (первый президент Казахстана), Г.А.Алиев (третий Президент Азербайджана). А.Г.Лукашенко (Президент Республики Беларусь).

Развитие политического лидерства после распада Советского Союза прошло три стадии. Первая стадия выдвижения лидера из массы благодаря его харизматичности. Вторая стадия являлась закреплением лидерства путем создания политической элиты не из советской номенклатуры. И завершающая стадия заключалась в удержании лидерства путем концентрации власти в одних руках и переход от харизматичного типа лидерства к авторитарному.

Развитие малого предпринимательство в Российской Федерации

Коновалов А.В.
Научный руководитель – ст. преподаватель Джафаров Н.К.
МАИ, каф. ГМУПиП
shtutcer@gmail.com

Сегодня, невозможно представить, как функционирует сектор экономики без малого предпринимательства, которое является неотъемлемой частью любого развитого государства. Благодаря малому предпринимательству создаётся огромное количество рабочих мест, что в свою очередь решает проблему трудоустройства и помогает бороться с безработицей в стране.

Важной составляющей государственной политики является поддержка малого предпринимательства со стороны государства. Которая заключается в совокупности политических, экономических и социальных мер, которые осуществляют органы государственной власти. Меры государственной политики по поддержке и развитию малого предпринимательства занимают важную позицию для развития конкуренции.

Государство создаёт всевозможные условия для того,что бы малое предпринимательство развивалось, тем самым способствует снижению тенденций теневого и криминального характера, что позволяет нашей экономике держать курс на поддержку производства и улучшения экономического климата.

Несмотря на усилия государства, имеются проблемы перспектив развития малого предпринимательства, которые можно разделятся на внешние и внутренние.

К внешним проблемам относятся налоги и высокая стоимость аренды коммерческой недвижимости у государства.

К внутренним барьерам относят непрофессионализм работников и низкий уровень предпринимательской и менеджерской культуры.

Для эффективного функционирования малого предпринимательства необходимо уменьшить налоги и отчисления в пенсионный фонд предпринимателям, занимающихся малым предпринимательством. Так же, уменьшить стоимость аренды коммерческой недвижимости у государства. Например, арендатор, выплативший кадастровую стоимость помещения, должен платить только за коммунальные услуги и годовой налог.

В свою очередь, для повышения качества управления предпринимательской деятельности, должны привлекаться квалифицированные управленческие кадры, а также, решаться вопросы повышения квалификации действующих кадров.

Совершенствование внешних связей с общественностью в органе исполнительной власти, осуществляющем градостроительную деятельность в городе Москве

Конюкова А.А.
Научный руководитель – доцент, к.п.н. Козлов Д.В.
МАИ, каф. 009
anutka-konukova@rambler.ru

Успех деятельности органа исполнительной во многом зависит от позитивного восприятия обществом результатов этой деятельности. Созданию атмосферы взаимного доверия между жителями города Москвы и его правительством служит управленческая деятельность по связям с общественностью. Несмотря на социальную направленность, а

также проделанную работу в направлении развития связей с общественностью, в данной сфере имеется ряд проблем, требующих анализа и поиска решений.

В Российской Федерации в настоящее время активно ведется поиск различных форм «общения» между обществом с одной стороны и органами государственной власти с другой, основой для которого зачастую становятся разнообразные инструменты связей с общественностью. До начала становления диалоговых взаимоотношений взаимодействие с обществом происходило по схеме – «сообщение-приказ» и дальнейшее действие общества в соответствии с приказом. С учетом усиления влияния общества на власть данная схема видоизменилась – «сообщение-предложение», далее обсуждение предложения и дальнейшее действие общества в соответствии с результатами диалога. Он напрямую зависит и определяется тем, насколько представителям власти удается правильно донести информацию, чтобы граждане поняли решение органа государственной власти и, чтобы было сформировано наиболее позитивное общественное мнение на счет этого решения.

Вместе с тем, в повседневной деятельности органов государственной власти задействуется далеко не весь потенциал связей с общественностью для решения практических задач информирования общественности и получения обратной связи от него.

Так, например, в соответствии с официальным открытым отчетом органа исполнительной власти в сфере градостроительства города Москвы за 2016 год поступило 26 250 обращений граждан, из них 15 750 жалоб на те или иные решения Правительства Москвы. В соответствии с приложением к отчету большинства жалоб можно было избежать, если бы необходимая исчерпывающая информация предоставлялась гражданам города своевременно, а не в ответ на уже поданную жалобу.

В этих условиях четко проявляется потребность в формировании новой культуры взаимодействия с гражданами. Она должна обеспечить равноправное участие всех элементов процесса и минимизировать присутствие элементов бюрократической системы. Усиление открытости принимаемых решений может помочь в развитии механизмов взаимодействия между обществом и органами государственной власти, а также в совершенствовании общественного контроля за деятельностью органов власти.

Первым шагом на пути решения проблемы является тщательный анализ и определение наилучших методов взаимодействия Правительства Москвы в отношении градостроительной сферы с гражданами города Москвы. С учетом имеющихся результатов исследований необходимо определить имеющиеся недостатки, а далее искать пути их решения.

Анализ взаимосвязей между факторами развития экономики России и расходами бюджета на оборону

Кузьмищев Д.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Чернышева Г.Н.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 71
drug5789@yandex.ru

Средства, выделяемые из государственного бюджета на оборону (военные расходы), зависят от многих факторов главными среди которых, являются макроэкономические и политические. Макроэкономические факторы – определяют финансовые возможности государства, политические – потребности в обеспечении обороноспособности государства для развития вооруженных сил.

Исходя из этого, формирование военного бюджета связано с задачей оптимизации между оборонными потребностями, связанными с политическими факторами и экономическими возможностями государства, определяемыми макроэкономическими факторами.

Основной целью проводимого исследования являлось подтверждение гипотезы, что объемы финансовых средств выделяемых на оборону не в равной мере зависят от политических или макроэкономических факторов.

Предположение, что выделение средств на оборону зависит в большей мере от политических факторов, без реального учета экономических возможностей требует, в этих условиях, доказательства.

Для подтверждения данного факта было проведено исследование динамики военных расходов в сопоставимых ценах, с устранением влияния фактора инфляции по периодам, изменения политической и экономической ситуации в стране.

Для исследования влияния макроэкономических факторов на военные расходы государства было предложено анализировать расходы на оборону с четырех позиций времени:

- период гонки вооружений, состояние «холодной» войны (1945-1990 гг)
- кризисный период перехода к рыночным условиям (1991-2001 гг.)
- период стабилизации экономики России (2002 - 2014 гг.)
- период обострения международных отношений и экономических санкций в отношении России (с 2014 г. по настоящее время)

Период «гонки вооружений», с точки зрения автора, целесообразно рассматривать в двух временных интервалах, имеющих свои особенности экономического развития:

1. Период времени восстановления народного хозяйства (1945-1960 гг.)
15. Период устойчивого развития, который начался после реформы 1961 г. (1961-1990 гг)

Анализ расходов на оборону в период обострения международных отношений и экономических санкций в отношении России (с 2014 г. по настоящее время) в данной работе не представлен, поскольку статистические данные по 2-м прошедшим годам не позволяют провести сравнительный динамический анализ. Это обстоятельство предполагает продолжение научных исследований.

В соответствии с выделенными периодами времени авторам был проведен сравнительный структурно-динамический анализ факторов развития экономики России и военных расходов.

Результатами выполненного исследования является систематизация факторов положительного и отрицательного влияния военных расходов на развитие экономики России, а также обоснование приоритета интенсивного пути развития вооруженных сил.

Работа муниципальных образований по формированию культурно-образовательной деятельности местных музеев

Леликова Я.М.
Научный руководитель – доцент, к.п.н Кузьмина Е.Е.
ЛГПУ им. П. П. Семёнова-Тян-Шанского, каф. ФСиТ
werttlos@mail.ru

Роль музея как социального института приобретает важное значение в современном мире. Основная миссия музея – посредством музейных продуктов и услуг, донести до посетителей моральные и этические нормы, рассказать о прошлом, чтобы посетители (особенно подрастающее поколение) знали свою историю.

Музей как социокультурный институт занимает одно из приоритетных положений в современной системе учреждений культуры, что объясняется его специфической функцией – хранить и представлять обществу подлинные объекты наследия. Музей является культуро- и социообразующим ядром различных территориальных образований: формирует их культурную среду, приобщает граждан ко всему спектру историко-культурного наследия и нравственным ценностям предков, повышая тем самым уровень гражданской инициативы и ответственности.

О важности музея говорил В.В. Путин на встрече в Кремле с руководителями краеведческих музеев. «Еще примерно 150 лет назад были созданы первые «музеи местного края», - напомнил глава государства. Нужно, чтобы людям, которые знакомятся

с экспозициями, было бы интересно. И только так, наверное, можно продвигать идеи, ради которых эти учреждения создавались и функционируют», - сказал президент[8].

Важность музея и музейных фондов закреплено в законодательстве РФ: «Музейные предметы и музейные коллекции, включенные в состав Музейного фонда Российской Федерации, являются неотъемлемой частью культурного наследия народов Российской Федерации»[9].

Музеи способствуют повышению образовательного уровня населения, предоставляют возможности для развития творческой социально ответственной личности и тем самым вносят значительный вклад в развитие человеческого потенциала России.

Эта проблема становится особенно актуальной в наше время. События, происходящие в мире должны заставить задуматься местные органы власти обратить внимание на мировоззрение и ценности молодёжи. «Майдан», «Игил» - это не просто абстрактные слова, а чудовищные явления, которые происходят в мире. Все эти события ориентированы на молодёжь, которая не имеет чёткого представления о своей истории, не имеет моральных ценностей, для кого фашисты и убийцы становятся героями и эталонами подражания.

В связи с этим, наряду с воспитанием в семье и культурно-просветительской работе в школах местные власти должны уделять внимание и музеям. И одно из таких направлений – развитие культурно-образовательной деятельности в местных музеях.

Чтобы узнать, как реализуется работа муниципальных образований в местных музеях было проведено социологическое исследование, в ходе которого были опрошены как потенциальные посетители музея, так и рядовые жители г. Липецка.

Как показал опрос 64 % не полностью удовлетворены качеством музейных услуг. Среди факторов, отмеченных интрвьюерами, были: недостаточность информирования на экскурсиях (малая длительность экскурсии, недостаточность исторических фактов); отсутствие новых форм взаимодействия с аудиторией (встреч с интересными людьми, курсов лекций, театрализованных представлений); редкость проведения музейных мероприятий («ночь в музее», мастер-классы, циклы лекций).

72 % жителей не удовлетворены интернет-ресурсами местных музеев. Причиной неудовлетворённости является полное либо частичное отсутствие информации в интернет-порталах о предстоящих мероприятиях, истории музея.

Так же был задан вопрос об информированности потенциальных и реальных посетителей о новых выставках, мероприятиях, проходящих в местных музеях. 89 % опрошенных полностью не удовлетворены коммуникациями музей-аудитория, ссылаясь на малую информированность. Единственное, откуда респонденты узнают информацию – баннеры на музеях.

На вопрос, кто влияет на то, чтобы посещать музей, среди молодёжи были отмечены: школы, родители и собственный интерес.

В данном вопросе существует противоречие: с одной стороны, важность культурно-образовательной деятельности музея в современном обществе осмысливается и очень высоко оценивается, с другой стороны – посетителей в музее больше не становится.

Для эффективного взаимодействия музея и потенциальной музейной аудитории отделы культуры местных органов власти должны предпринимать определённые меры.

Как выяснилось из исследования, местные музеи имеют ряд проблем по предоставлению музейных услуг. Чтобы эти проблемы были устранены и новые посетители захотели бы посещать музей, а постоянные посетители были удовлетворены услугами, нужно предпринять местным муниципальным образованиям ряд мер.

Со стороны музеев посетители должны быть обеспечены продолжительной экскурсией с достаточным количеством исторических фактов, информации, в том числе о

[8] Латухина К., Политов Ю. Начало Родины: Глава государства обещал поддержку краеведческим музеям // Российская газета. – 2014. – 10 октября. – № 6498 (226). – с. 33

[9] Федеральный закон от 26.05.1996 №54-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О музейном фонде Российской Федерации и музеях в Российской Федерации». Статья 5

земляках-героях и земляках, внёсших вклад в развитие какой-либо отрасли науки, культуры и т.д.

Со стороны муниципальных образований должна быть предоставлена помощь в осуществлении проведения мероприятий, направленных на развитие культурно-образовательного потенциала жителей. Среди которых – проведение театрализованных экскурсий, «ночь в музее», встречи с интересными людьми, мастер-классы, конкурсы, исторические игры.

Также местная власть должна позаботиться об информировании и пропаганде музейных услуг в СМИ. Реклама по местному телевидению, рассказ о новых мероприятиях в местных телевизионных программах, информирование в газетах. Создавать буклеты и размещать их в учебных заведениях.

Следует уделять внимание и культурно-просветительской работе в учебных заведениях, чтобы значимость музеев понимало подрастающее поколение. Среди таких работ могут быть: классные часы в музеях, рассказ учителей о значимости музеев в современном мире, выездные лекции представителей музеев в учебные заведения.

О роли государства в модернизации российского машиностроения

Лепешкина Е.П.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Шаламова Л.Ф.
МАИ, каф. ГМУПиП
ekaterina123435@gmail.com

Государственная стратегия социально- экономического развития страны до 2020 года одним из приоритетных направлений развития российского общества определяет модернизацию машиностроения, как базовой отрасли экономики страны, которая тесно взаимосвязана с другими ведущими отраслями экономики и обеспечивающая их устойчивое функционирование.

Ведущими отраслями машиностроения являются самолётостроение, приборостроение, радиотехнические и электронное машиностроение, электротехническая промышленность.

В общем объёме промышленного машиностроения доля продукции колеблется в пределах 20%.

В условиях санкций, предъявленных к нашей стране Правительством РФ, было предпринято непростое решение: отказ от западной техники и был взят курс на развитие импортозамещения.

Основной преградой реализации комплексной программы импортозамещения является отсутствие качественных отечественных аналогов оборудования и сырья, способных вытеснить импортное оборудование с российского рынка.

Сегодня наиболее приоритетными направлениями ускоренного государственного развития материальной базы машиностроительного комплекса выделяют следующие направления:

- оценка имеющегося технологического потенциала и его стоимости;
- выбор возможных приоритетов целевого финансирования прорывных технологий;
- формирование долгосрочной программы развития машиностроения и внедрения новых технологий;
- совершенствование механизмов поиска, реализации и стимулирования использования резервов на уровне отдельных предприятий;
- формирование долгосрочной государственной программы подготовки высококвалифицированной рабочей силы.

В связи с вышесказанным актуальным было выявить мнение студенческой молодежи о государственной политике в области модернизации машиностроения. В опросе приняли участие около 100 человек.

Только 23,2 % респондентов отметили, что они сами или их родственники работают в машиностроении. 621,5% считают, что российское машиностроение находится

лишь на этапе развития, каждый третий отмечает, что оно развито плохо. 46,4 % не довольны состоянием отечественного машиностроения. 66,1 % уверены в необходимости развития этой отрасли промышленности. И только 5,4 % участников опроса не видят в этом необходимости. Что касается мнения том, предпринимает ли российское Правительство какие - либо меры по развитию отрасли 57,1 затруднились с ответом. А 81 % молодых людей не знает какие меры предпринимаются государством в этом направлении. Что касается готовности пойти работать в отрасль машиностроения, готовность выразили 44, 6% опрошенных.

Использование в молодежной политике информационных технологий для управления студенческими проектами

Марусяк Д.М.
Научный руководитель – к. пед. н. Лесконог Н.Ю.
МПГУ, каф. СПИиТ
darua9308@yandex.ru

Одним из приоритетных инструментов информационно-аналитического обеспечения молодёжной политики в ходе реализации «Основ государственной молодёжной политики Российской Федерации на период до 2025 года» являются информационные технологии, позволяющие управлять молодежными проектами онлайн. Социальные сети - наиболее распространенная площадка управления проектами через Интернет. Именно они находят все больший отклик у студенческой молодежи. Благодаря социальным сетям управление студенческими проектами позволяет совмещать в себе как индивидуальные обсуждения и консультации, так и групповые формы работы.

Стоит отметить, что социальная сеть «Вконтакте» позволяет распространять информацию о сообществе. Для привлечения единомышленников все чаще делаются «репосты» записей сообщества на страницы участников студенческого проекта. Таким образом, запись попадает в новостную ленту, которую видят друзья и подписчики.

Для облегчения доступа всех членов команды студенческих проектов, а также его редактированию, можно рассмотреть платформу «Документы Google». Это офисное приложение онлайн позволяет загружать, редактировать и создавать текстовые документы, электронные таблицы и презентации, организовывать совместный с другими пользователями доступ к ним. Таким образом, каждый имеет доступ и возможность редактирования к необходимым материалам онлайн.

Для управления студенческими проектами необходимо всегда поддерживать социальную динамику. Особое внимание уделяется разработке медиаплана проекта. Все чаще для этого используются социальные сети: «Вконтакте», «facebook», «instagram». Создаются отдельные страницы проекта в каждой из сетей. Создание страниц включает в себя размещение обсуждений, видео-роликов, фотографий, промежуточных итогов проекта.

Использование информационных технологий применяется и в ходе управления развитием проекта, поиска партнеров проекта посредством предоставления информации другим организациям, заинтересованным в тиражировании результатов проекта, например, молодежным правительствам, парламентариям, советам при муниципалитетах и др. Самым существенным достоинством этого инструмента является скорость распространения и минимальные издержки.

Органы исполнительной власти, государственные бюджетные учреждения стали активно использовать социальные сети для привлечения молодежи в проектную деятельность. По данным на 01 марта 2017 года у Федерального агентства по делам молодежи (Росмолодежь) в официальной группе ВКонтакте более 61 000 подписчиков, на официальной странице в Instagram более 17 000 подписчиков; в официальной группе ВКонтакте у МПГУ более 14 000 подписчиков, у МАИ более 26 000.

Молодежь является наиболее активными пользователями информации и информационных технологий. Их использование в молодежной политике для управления студенческими проектами формирует эффективные механизмы информирования

молодежи о целях, задачах, приоритетных направлениях, мероприятиях реализации государственной молодежной политики, способствует доступности обратной связи между государственными структурами, общественными объединениями и молодежью. Информационные технологии позволяют органам исполнительной власти, вузам взаимодействовать с молодежью оперативно, доступно и просто.

К вопросу о деятельности государства по противодействию коррупции

Первушин И.А.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Шаламова Л.Ф.
МАИ, каф. ГМУПиП
pervushin.ilya@mail.ru

В современной России все большее значение приобретают вопросы противодействия коррупции как в органах государственной власти, так и в иных управленческих структурах, поскольку это является одним из важнейших факторов обеспечения инновационного развития нашей страны.

К основным факторам возникновения коррупции, имеющим исторические корни и определяющим рост коррумпированности органов власти, чаще всего в современный период можно отнести:

- быстрый переход к рыночной экономике при несформированной правовой базе;
- распад партийной системы контроля;
- распад системы народного контроля, действовавшей в годы советской власти;
- низкий уровень развития гражданского общества в современной России и др.

Основные принципы противодействия коррупции в РФ определены в Федеральном законе от 25 декабря 2008 г. № 273-ФЗ «О противодействии коррупции».

К ним относятся : «признание, обеспечение и защита основных прав и свобод человека и гражданина; законность; публичность и открытость деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления; неотвратимость ответственности за совершение коррупционных правонарушений; комплексное использование политических, организационных, информационно-пропагандистских, социально-экономических, правовых, специальных и иных мер; приоритетное применение мер о предупреждению коррупции; сотрудничество государства с институтами гражданского общества, международными организациями, физическими лицами»[10].

Одной из проблем низкого участия населения в борьбе с коррупцией является его недостаточная осведомлённость о деятельности государства по противодействию коррупции, сопровождающаяся громкими публичными скандалами, связанными с противоправными действиями некоторых государственных чиновников, занимающих высокие посты и, как следствие, формирование уверенности в неспособности и нежелании государства бороться с этим социальным злом.

Нами был проведён социологический опрос молодых людей в возрасте от 17 до 25 лет в количестве 100 человек по случайной выборке.

Исследование показало, что больше половины респондентов (81%) связывают понятие коррупции со взяточничеством, что говорит о не вполне правильном понимании данного термина. По мнению участников опроса, чаще всего в коррупционной деятельности замешаны чиновники (так считают 81% респондентов), правоохранительные органы (78%), здравоохранение (32%). Большая часть опрошенных (81%) негативно оценивают деятельность органов государственной власти по противодействию коррупции. Что касается оценки поведения самих респондентов, к даче взяток в целом отрицательно относится 80% участников опроса, но только 37% респондентов готовы заявить о факте коррупции. Больше половины респондентов (65%) считают борьбу с коррупцией бесперспективной, т.к. уверены, что полностью искоренить это явление в нашей стране невозможно. Это мнение зачастую подрывает доверие молодых людей к органам государственной власти.

[10] Федеральный закон от 25 декабря 2008 г. № 273-ФЗ «О противодействии коррупции».

Патриотическое воспитание молодежи как одно из ключевых направлений деятельности органов государственной власти

Перекрест Т.А.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Шаламова Л.Ф.
МАИ, каф. ГМУПиП
tais_97@mail.ru

Нашей страной в настоящий период времени решаются важные задачи осуществления модернизации российской экономики, развития инновационных технологий, выхода на новые рубежи в мировом сообществе в сфере техники и технологий.

Решение поставленных задач требует высокой отдачи каждого гражданина нашей страны, его осознанной позиции. Однако, зачастую, при постановке задач в области технологического прорыва, упускаются вопросы формирования гражданского самосознания молодых россиян, развития в них чувства патриотизма.

За последние годы в России были предприняты значительные усилия по укреплению и развитию системы патриотического воспитания граждан. В 2001 - 2015 годах в Российской Федерации реализованы 3 государственные программы патриотического воспитания.

Государственная программа "Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации на 2016 - 2020 годы", действующая в настоящее время, разработана на основе изучения опыта реализации предыдущих программ и направлена на формирование у гражданина активной жизненной и профессиональной позиции, трудолюбия и высокой нравственности.

Программа ориентирована на все социальные слои и возрастные группы граждан при сохранении приоритета патриотического воспитания детей и молодежи.[11] Общий объем финансирования Программы в 2016 - 2020 годах составит 1 666 556,8 тыс. рублей, в том числе за счет средств федерального бюджета 1 574 056,8 тыс. рублей, а также 92 500 тыс. рублей за счет внебюджетных источников.

Координатором реализации программы определено Федеральное агентство по делам молодежи Российской Федерации. Ожидается, что «основным результатом реализации Программы станет формирование системы патриотического воспитания граждан, отвечающей современным вызовам и задачам развития страны, а также социально-возрастной структуре российского общества.»[12]

Большая работа по реализации указанной программы проводится органами государственной власти и местного самоуправления.

Нами был проведен опрос 89 человек в возрасте от 17 до 30 лет с целью изучения отношения молодежи к деятельности органов государственной власти в сфере патриотического воспитания. Из результатов опроса видно, что у некоторых респондентов отсутствует правильное толкование сущности понятия «патриотизм». 51 % участников опроса рассматривают его как комплексное понятие, в которое включено и особое расположение, проявляемое к стране, и желание поддержать своим участием процветание своей страны и любовь к Отечеству. Мнения оставшихся респондентов разделились. К сожалению, 71% участников опроса отвечают, что себя патриотами они назвать не могут. Только 29% молодых респондентов относят себя к числу патриотов. О существовании государственной программы «Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации на 2016-2020гг.» осведомлены только 38% участников опроса. И при этом только 30% респондентов выражают мнение, что государство уделяет достаточно вниманию формированию патриотизма. В тоже время основное количество опрошенных респондентов, составляющее 71%, считают, что государство должно больше уделять внимания вопросам развития патриотизма. Относительно вопроса о необходимости

[11] См.: Постановление Правительства РФ от 30.12.2015 № 1493 « О государственной программе «Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации на 2016-2020 годы», с. 2-3
[12] http://www.gospatriotprogramma.ru/upload/gospotriot_2016_2020.pdf

создания ведомства, которое непосредственно бы занималось вопросами формирования патриотизма, мнения участников опроса разделились: третья часть из них, составляющая 38%, придерживаются позитивного мнения на данный вопрос, 32% респондентов высказались отрицательно, и затруднились с ответом 30% опрошенных респондентов.

В настоящее время необходимость формирования патриотизма излагается во многих нормативных документах, программах, проектах, научных и популярных публикациях, посвященных проблеме патриотического воспитания подрастающего поколения.

Однако, автор склоняется к тому, что в российском обществе до сих пор отсутствует концептуальное видение решения проблемы патриотического воспитания и подготовки молодежи к защите Отечества и военной службе и стратегия осуществления этой деятельности в рамках функционирования принципиально новой системы, адаптированной применительно к изменившимся условиям требует доработки.

Развитие глобальной навигационной системы и ее применение в жизнедеятельности муниципальных образований

Романова Н.И.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Шаламова Л.Ф.
МАИ, каф. ГМУПП
romnat55@mail.ru

Важную роль в решении социально - экономических задач в нашей стране отводится развитию систем глобальной навигации. Трудно переоценить их значение. Первоначально создаваемые для военных целей, сегодня они вошли в гражданскую жизнь.

Применение систем глобальной навигации в настоящее время используют при контроле перевозок ценных и опасных грузов, в рыболовстве, в территориальных водах, во время поисково-спасательных операций, для проведения геодезических съёмок, при освоении новых месторождений, прокладке линий электропередач, не заменимо применение этой системы в при организации пассажироперевозок жителей города, при контроле транспортных потоков и т.д.

Технология системы ГЛОНАСС базируется на трех подсистемах:

- Подсистема космических аппаратов;
- Подсистемы контроля и управления;
- Подсистемы навигационной аппаратуры потребителей.

По принципам работы ГЛОНАСС отличается от зарубежной системы GPS. Основное отличие заключается в сигнале и его структуре. У российской системы – частотное распределение каналов, у американской кодовое. Более того, для описания движения спутников по орбите используются различные математические модели.[13]

Основы стратегии развития ГЛОНАСС в нашей стране были заложены Указом Президента Российской Федерации от 17 мая 2007 г. №638 «Об использовании глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах социально-экономического развития Российской Федерации».

В настоящее время развитием проекта ГЛОНАСС занимается Государственная корпорация «РОСКОСМОС» и министерства и ведомства России : Минобороны, МВД, Ростехнадзор, Минтранс, Росреестр, Минпромторг, Росстандарт, Росавиация и т.д.

Одной из сфер применения спутниковой навигации является мониторинг транспорта. С помощью навигационного оборудования возможно определение нахождение автотранспортного средства, обеспечить оптимизацию эксплуатации пассажирского транспорта, коммерческих перевозок, безопасность перевозок, осуществлять диспетчеризацию пассажирских перевозок, своевременно информировать пассажиров городского транспорта о времени ожидания и т.д.

[13] Доклад о ГЛОНАСС (Электронный ресурс)
http://47rnic.ru/%D0%B3%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%81%D1%81/

Таким образом, результаты работы ГЛОНАСС могут быть эффективно использованы в системах жизнеобеспечения муниципальных образований.

Для определения эффективности применения услуг спутниковой навигации определены ряд критериев, в т.ч. :

- Снижение числа дорожно-транспортных происшествий, снижения времени реагирования на ДПТ;
- Повышение привлекательности пассажирского транспорта;
- Снижение времени и нахождения пассажиров в пути;
- Снижение расходования бюджетных средств и т.д.

Нами был проведен социологический опрос молодежи , на основании анкеты, размещенной на сайте «Google.com» в котором приняло участие более 80 респондентов в возрасте от 16 до 35 лет. В основном только 61,1% участников опроса знает, что такое система ГЛОНАСС. Больше половины респондентов 56% отмечают, что в жизни с работой системы не сталкиваются. Но при этом 63.9 % участников опроса считают, что государство должно продолжать развивать систему ГЛОНАСС. Треть опрошенных молодых людей выразили желание лично участвовать в развитии этой системы.

Проблема утечки высококвалифицированных кадров за рубеж

Серобаба В.А.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Шаламова Л.Ф.
МАИ, каф. ГМУПиП
vera.serobaba@mail.ru

Решая задачи модернизации нашей промышленности, Россия сталкивается не только с недостатком высоко квалифицированных кадров, но и с проблемой их утечки за границу. Интеллектуальная собственность имеет большое значение для социально-экономического развития государства. В условиях международной конкуренции «погоня за умами» стала одним из определяющих факторов процветания в условиях глобальной международной конкуренции.

Формирование инновационной экономики, означающей превращение интеллекта , творческого потенциала человека в ведущий фактор экономического роста и национальной конкурентоспособности, выдвигает на первое место создание системы поддержки талантливой молодежи и создания для неё всех необходимых условий в родной стране, с целью предотвращения миграции за границу.

Проблема сохранения высококвалифицированных кадров в стране достаточно комплексная. Ее решение включает в себя не только создание комфортных условий для работы, но и обеспечения жизненно важных потребностей людей. С другой стороны, ее решение состоит в степени нравственной ответственности человека, уровня его гражданской идентичности и патриотического сознания.

Для выявления отношения молодых людей к данной проблеме нами было проведено пилотажное исследование, в котором приняло участие порядка 80 человек.

Следует отметить, что только 44 % опрошенных отрицательно воспринимают сложившуюся ситуацию с отъездом за рубеж высококвалифицированных специалистов.

Как проблему осознает эту ситуации каждый второй. Но при этом 19% респондентов рассматривают возможность уехать за границу для работы после получения образования. Больше половины опрошенных считают, что уровень образования за границей выше. Значительная часть опрошенных (порядка 40%) считают, что для стимулирования развития науки в России необходимо стимулировать развитие системы грантов для молодых исследователей.

Проведенный нами опрос показывает, что в настоящее время требуется со стороны государства более предметная работа по закреплению высококвалифицированных кадров, которая подразумевает не только организацию качественной подготовки кадров, создания необходимых условий для целенаправленного вхождения молодых специалистов в профессиональную среду, но и организации работы по формированию гражданской идентичности студенческой молодежи, ее патриотическому воспитанию и реализации

комплексной программы по выявлению наиболее талантливых выпускников и организации их всесторонней поддержки.

К вопросу о деятельности органов государственной власти по развитию импортозамещения

Силаев Н. А.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Шаламова Л.Ф.
МАИ, каф. ГМУПиП
silaevnickolay@mail.ru

В современных международных условиях, когда нашему государству ряд стран применяются разнообразные санкции, как никогда становится важным обеспечение защищенность российской экономики и повышения конкурентоспособности российских компаний. Одним из ключевых направлений в решении этой задачи является реализация политики импортозамещения.

Для государства при реализации стратегии импортозамещения важным является выбор объекта стимулирования. Существует, как минимум два подхода к решению этой задачи: развитие отраслей неконкурентоспобных по сравнению с зарубежными производителями и напротив, поддержка развитых отраслей, которые как на внутреннем, так и на внешнем рынке могут вытеснять зарубежных производителей.

В 2015 году Минпромторгом, Минкомсвязью и Минэнерго России было разработано 20 программ импортозамещения в гражданских отраслях промышленности.

В связи с этим, для нас важно было выявить отношение молодежи к государственной политике импортозамещения и готовности поддерживать отечественного производителя.

С этой целью был проведен опрос студенческой молодежи по случайной выборке в количестве 101 человек.

Прежде всего, зная интерес молодых людей к проблеме приобретения автомобиля, мы уточнили, способна ли по их мнению, отечественная промышленность удовлетворить потребности россиян в качественных автомобилях? 57% респондентов однозначно усомнились в этом вопрос. И только третья часть их выразила уверенность, что это возможно. 60% придерживаются мнения, что полное импортозамещение различной продукции возможно лишь частично. За полное импортозамещение высказались только 15 % опрошенных. При том, что 50% отмечают, что в месте их проживания доля отечественных товаров выросла.

По-разному складывается мнение респондентов по поводу потребления продовольственных и промышленных товаров. Так, 40 % респондентов однозначно предпочитают непродовольственные товары импортного производства, 32% безразличны к принадлежности производителя и только 19 % предпочитают непродовольственные товары российского производства.

Треть опрошенных (35%) считают, что российские продуктовые товары более экологически чистые и не содержат вредных добавок; 36% респондентов считают что их качество выше импортных. 29% молодых людей, принимавших участив опросе отмечают, что российские продукты у них вызывают больше доверия. Следует отметить также, что только 29 % молодых респондентов считают, что нужно одушевлять замену импортных товаров. Примерно столько (23 %) придерживаются мнения, что этого делать не нужно. Оставшаяся часть респондентов либо затруднилась с ответом (15%), либо придерживается мнения, что некоторые товары не следует замещать отечественными.

Очевидно, что проблема импортозамещения лежит не только в сфере производственных отраслей, но необходимо для ее решения также вести работу по популяризации российских товаров, изменению сложивших установок наших граждан в сфере их предпочтений.

Деятельность органов государственной власти по развитию АПК

Соляник А.А.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Шаламова Л.Ф.
МАИ, каф. ГМУПиП
alexey.solyanik@bk.ru

Агропромышленный комплекс - важнейшая составляющая часть народного хозяйства и внушительный, социально значимый сектор экономики. Приблизительно 17% внутреннего валового продукта России определяется долей аграрного сектора и перерабатывающей промышленности. Товары из сельскохозяйственного сырья и продовольствия, составляют 3/4 всего потребительского рынка нашей страны.

Аграрный сектор нашей страны долгое время находится в состоянии сильного кризиса, отягощающим фактором которого стала принятая в 90-х годах рыночная модель, т.е. государство отказалось от своей координирующей роли, резко сократило поддержку реального сектора экономики и социальной сферы. Результатом чего стало, большое отставание по эффективности, продуктивности и затратам, не позволяющим отечественным товаропроизводителям конкурировать с иностранными производителями, у которых производственные показатели выше, а продукция хорошо субсидируется государством.

В России агропромышленный комплекс состоит из трех основных сфер, дополняющих друг друга: - Сфера снабжения сельского хозяйства; - Сфера сельского хозяйства; - Сфера производства, хранения, транспортировки, заготовки и переработки.

Ведущим звеном АПК и во всем народном хозяйстве страны является сельское хозяйство. Продукция сельского хозяйства не может быть произведена в других сферах или заменена иными видами продукции, а также сельхозпродукция является важнейшим источником удовлетворения жизненных благ населения.

Для благополучного решения всех проблем и выхода из кризисной ситуации сельскому хозяйству необходима поддержка из вне. И едва ли не единственным помощником в этом деле выступает государство. Предоставляя субсидии, разрабатывая программы развития, государство старается обеспечить эффективное функционирование АПК как единого целого, что в перспективе приведет к улучшению сложившейся ситуации.

Основным механизмом государственной поддержки является «Государственная программа развития АПК на 2013-2020 годы», на основании которой, составляются и утверждаются подпрограммы для отдельных отраслей АПК. Главная цель программ развития — это создание стабильно работающего агропромышленного комплекса. Ответственным за государственную программу является Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Минсельхоз). Оно выполняет свою деятельность под руководством Правительства РФ, и осуществляет функции: по выработке государственной политики и нормативно правовой базы в основных сферах АПК и управлению имуществом, принадлежащим подведомственным предприятиям и учреждениям.

В заключении хочу сказать, что перспектива развития АПК, при реализации стратегии, которая определена государственной программой, будет не только прогрессивной, но и рациональной. Разумное субсидирование, обеспечит равновесие всех сфер агропромышленного комплекса. Это приведет к стабильно работающему агропромышленному комплексу, что в свою очередь является целью государства в данной сфере.

Государственно-частное партнерство в авиационной сфере

Тепликова А. Е.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Шаламова Л.Ф.
МАИ, каф. ГМУПиП
rondy_rondy@mail.ru

Государственно-частное партнерство (ГЧП) – это совокупность юридически оформленных на определенный срок отношений, основывающихся на объединении ресурсов и распределении рисков между государством и частным партнером, служащее для привлечения инвестиций в экономику и повышения доступности и качества товаров, услуг и работ. Основные принципы ГЧП в России определены в федеральном законе N 224-ФЗ от 13.07.2015 «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве РФ»[14]

Авиационная сфера – это область, включающая в себя авиационный транспорт и инфраструктуру, служащую для его эксплуатации, а также авиастроение: проектирование, конструирование создание и производство атмосферных летательных аппаратов и оборудования для них.

В мировой практике ГЧП используют для привлечения частного бизнеса в общественно-значимые сферы жизни. Благодаря разнообразию видов, форм и областей применения государственно-частного партнерства, оно является универсальным механизмом реализации проектов в самых разных отраслях от коммунального сектора до развития инновационных научных проектов. В России, не смотря на постоянно растущее количества проектов ГЧП (в 2015 году рост составил в 4.4 раза, так в 2014 году было 132 проекта на стадии реализации, а в 2015 уже 595[15]) однако, поступление инвестиций все еще недостаточно. По данным опроса EY, 68% потенциальных инвесторов отмечают недостаточные государственные гарантии по обеспечению минимального уровня доходности.

Воздушный транспорт – особенно актуален для такой большой страны как Россия, он позволяет для максимально быстро доставить людей и товары на огромные расстояния в течение одного дня, в то время как доставка другими видами транспорта может занимать до нескольких недель. Привлечение сторонних инвестиций в эту сферу может стать одним из основных путей его развития, значительно снизить нагрузку на государственный бюджет, и улучшить качество предоставляемых услуг.

Не смотря на поддержку высшего руководства страны, ГЧП сталкивается со многими препятствиями. По данным провиденного нами социологического опроса в ходе которого были опрошены молодые люди от 18 до 35 лет в количестве 178 человек, 82% опрошенных не знают, что такое государственно-частное партнёрство, 94% респондентов не понимают его преимуществ, а 65%участников опроса назвали ГЧП – растратой государственного бюджета. Кроме того, существуют противоречия в законодательстве, так Бюджетный кодекс запрещает предоставлять государственные гарантии на срок превышающий 10 лет, когда как сроки окупаемости инвестиций в производственные инфраструктуры, и в авиастроение в частности, как правило, составляют десятки лет.

Совершенствование работы с проектной документацией в государственной организации, осуществляющей градостроительную деятельность

Хатомченкова А.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Коломоец Е.Н.
МАИ, каф. 009
hatomchenkova@mail.ru

Согласование и утверждение проектной документации на строительство различных капитальных объектов является одной из важнейших функций органов государственной

[14] http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182660/
[15] «ГПЧ в РФ: текущая статистика.» Председатель правления Центра развития ГЧП П. Л. Селезнев Выступление на втором инфраструктурном конгрессе «Российская неделя ГЧП».

власти, так как это в значительной мере влияет на существующую и планируемую застройку территории города.

Тема разработки, согласования и утверждения градостроительной проектной документации является на сегодняшний день особенно актуальной, так как длительность данного процесса влияет на скорость градостроительного развития Москвы.

В государственной организации, осуществляющей градостроительную деятельность, на сегодняшний день ведется работа с проектной документацией в различных информационных системах, таких как Интегрированная автоматизированная информационная система отраслевой узел "Единое геоинформационное пространство города Москвы" (ИАИС ОУ ЕГИП) и Учётная система проектов планировки территорий (УС ППТ). Система ИАИС ОУ ЕГИП является многопрофильной, ее основное назначение - работа с пространственными данными в рамках реализации государственных функций и оказания государственных услуг. Данная система не предназначена конкретно для работы с проектной документацией, а значит, не может содержать полный спектр необходимых задач. УС ППТ, в свою очередь, является специализированной системой для работы с проектами планировки территорий, но в ней могут быть отражены только утвержденные, готовые проекты. В связи с этим периодически появляются ошибки в проектной документации и нарушаются сроки её подготовки.

Целью исследования является анализ процесса подготовки, согласования и утверждения проектов планировки территорий и разработка мероприятий по совершенствованию работы с проектной документацией по планировке территорий в государственной организации, осуществляющей градостроительную деятельность. При помощи метода анализа документов изучены теоретические основы процесса подготовки, согласования и утверждения проектной документации, а также рассмотрены особенности работы с проектной документацией в государственной организации, осуществляющей градостроительную деятельность. Для получения информации о существующей системе работы с проектами планировки территорий и выявления недостатков данного процесса проведено полуструктурированное интервью с экспертами, участвующими в процессе работы с проектами планировки территорий.

По итогам проведенного исследования выявлена потребность в совершенствовании процесса подготовки и согласования проектов планировки территорий. По мнению экспертной группы, лучшим решением для совершенствования процесса подготовки документации по планировке является создание новой специализированной системы для работы с проектами планировки территорий, которая позволит подразделениям организации выполнять подготовку проектов планировки территорий значительно быстрее и качественней, так как программа будет рассчитана конкретно под процесс подготовки такой проектной документации.

Деятельность органов государственной власти по развитию космической отрасли

Чернов В.М.
Научный руководитель – ст. преподаватель Джафаров Н.К.
МАИ, каф. ГМУПиП
viktormc17@gmail.com

Современная отечественная космическая деятельность, проводимая Российской Федерацией с 1991 года, основывается на научно-практической базе, заложенной в СССР. Политические и экономические потрясения, произошедшие после распада СССР, привели к разделу взаимосвязанной космической инфраструктуры, к частичной потере международных связей Российской Федерации в области космической деятельности, к прекращению научных исследований космоса, а самое главное к ухудшению обороноспособности нашей страны и её союзников – сфера космоса перестала быть одним из приоритетов государственной политики России, а отечественная космонавтика оказалась на грани краха.

Новый этап в истории космической деятельности России начался уже в новом тысячелетии, совпав с приходом к власти нового Президента РФ В.В.Путина. Незадолго

до этого существующее Российское космическое агентство(РКА) было преобразовано Указом Президента РФ в Российское авиационно-космическое агентство(Росавиакосмос), а позже в Федеральное космическое агентство «Роскосмос». Проведённая реформа наравне с повышением общей роли космической деятельности в Российской Федерации, расширением международного сотрудничества России с другими космическими агентствами, активным использованием политики коммерческой космической деятельности позволила привлечь в отрасль дополнительные финансовые ресурсы, в которых ощущался острый дефицит, восстановить ранее приостановленные космические проекты и запустить новые, например, начать строительство нового космодрома для стратегических нужд российской космонавтики или участвовать наравне с Европейским космическим агентством в эксперименте МАРС-500. На мой взгляд, данный период деятельности государства в сфере космической отрасли, можно охарактеризовать, как «этап восстановления возможностей в космической сфере», а это было крайне важно для отечественной космонавтики.

В настоящее время, многие страны мира, в том числе и Россия, поставлены перед объективной необходимостью активизации инновационной деятельности и развития высоких технологий в целях создания конкурентоспособной конечной продукции, укрепления своей обороноспособности, модернизации и реконструкции действующей производственной базы, обеспечения социально ориентированных структурных преобразований. Одной из таких приоритетных видов деятельности и высокотехнологичной отраслей для нашей страны является космическая деятельность – космонавтика. Данный период «этап закрепления достигнутых с космической сфере результатов» предусматривает ещё больший приоритет космической деятельности в государственной политике России, структурные изменения в системе управления космической деятельностью, созданием новой и развитой космической инфраструктуры, использованием достижений космоса в разработке перспективных технологий и средств вооружения для повышения обороноспособности нашей страны, а также улучшением экономической и социальной обстановки в стране.

В заключение хочется напомнить, что в 2017 году исполняется 60 лет начала космической эры человечества. Отрадно осознавать, что начало космонавтики было положено на нашей великой Родине и что спустя 60 лет наша страна всё еще может считаться Величайшей Космической Державой мира. Развивая космическую отрасль, Россия в лице государственной власти и от имени народа даёт понять: «Мы верим в космос!».

Особенности реформирования ЖКХ в региональном управлении

Ширяева В.А.
Научный руководитель – доцент, к.п.н. Селиванова М.А.
ЛГПУ им. П. П. Семёнова-Тян-Шанского, каф. Управления
Vika_shiryaeva27@mail.ru

ЖКХ – это сфера деятельности, направленная на обслуживание городских многоквартирных домов и предоставление жителям услуг для комфортного проживания в них.[16] Уровень развития жилищной сферы имеет больше всего нареканий со стороны граждан. Возложенные на нее задачи выполняются далеко не в полной мере, что в значительной степени влияет на снижении качества жизни населения. В связи с этим жилищная проблема остается одной из самых острых социальных проблем в стране.

Принятие ФЗ от 21.07.2007 г. № 185-ФЗ «О Фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства» позволило преобразовать систему ЖКХ в 32 муниципальных образованиях Липецкой области. До 2007 г. услугами в сфере ЖКХ полностью заведовал муниципалитет, с 2007 г. ЖКУ начали оказывать и частные организации, а в 2014 г. был осуществлен полный переход к оказанию ЖКУ

[16] Азбука ЖКХ: [Электронный ресурс] // ЖКХ-56. М., 2010-2017. URL: http://gkh-56.ru/useful-info/article/azbuka_zhkkha/. (Дата обращения: 2.06.2016 г.).

организациями частной формы собственности. Проанализировав деятельность ЖКХ до перехода (2012-2013 гг.) и после него (2014-2015 гг.), на основании отчетов Управления ЖКХ Липецкой области, были рассмотрены те отрасли, которые входят в целевые программы Липецкой области, а соответственно, являются наиболее важными.[17]

Одной из важнейших отраслей ЖКХ является жилищный фонд. Из приведенных в отчетах данных, можно увидеть, что общий фонд Липецкой области с каждым годом растет, за счет довольно сильного увеличения размера частного фонда и небольшого уменьшения размера муниципального фонда. Отсюда можно сделать вывод, что все больше жилых помещений, принадлежащих муниципальному фонду, переходят в частные руки. Это говорит о растущей приватизации жилищного фонда Липецкой области. При этом благоустройство жилищного фонда улучшается с каждым годом во всех отраслях.

Динамика переселения граждан из непригодного для проживания и аварийного жилищного фонда в течение 2012-2015 гг. постоянно росла, но в тоже время и финансирование мероприятий по переселению в течение этого времени росло.

Несмотря на то, что в 2012 г. мероприятий по формированию специализированного жилищного фонда для детей-сирот в Липецкой области не проводили, за 2013 г. было предоставлено больше квартир, чем за 2014 и 2015 гг. вместе.

В период 2014-2015 гг. финансирование работ по благоустройству территорий практически в 2 раза превышает финансирование за 2012-2013 гг., при этом работ было сделано приблизительно одинаково.

При всех положительных показателях, нельзя однозначно смотреть на данную тему. С одной стороны, конкуренция очень важна, ведь благодаря ей качество ЖКУ во многих отраслях заметно улучшилось. С другой стороны, при переходе ЖКХ в частные руки появились дополнительные недостатки. Самыми актуальными для граждан проблемами стали двойные квитанции от разных УК жителям одного дома, незаконное повышение платы за содержание и ремонт жилья, а также нарушения при начислении платы за общедомовые нужды. За последние годы было проведено много программ, направленных на улучшение условий жизни населения. И, действительно, есть заметные улучшения состояния отросли. И все же жилищно-коммунальная сфера еще нуждается в реформировании и развитии.

Деятельность Россотрудничества по взаимодействию с молодыми соотечественниками, проживающими за рубежом

Юданов Н.А.
Научный руководитель – к. пед. н. Лесконог Н.Ю.
МПГУ, каф. СПИиТ
nikita-yudanov@yandex.ru

Русский мир является важным ресурсом укрепления атмосферы доверия и взаимопонимания в отношениях между Россией и зарубежными странами, в которых живут наши соотечественники. «Продолжаем разъяснять партнёрам, что наличие российской диаспоры в их государствах — важный фактор в деле наращивания взаимовыгодных двусторонних связей в различных сферах», — написал Сергей Лавров, Министр иностранных дел Российской Федерации в «Российской газете».

В рамках федеральной и международной работы с соотечественниками в России функционируют несколько государственных структур и программ: Правительственная комиссия по делам соотечественников, проживающих за рубежом, председателем, которой является С.В. Лавров; Межведомственный совет и Координационный совет при Министерстве иностранных дел; Федеральное агентство по делам Содружества Независимых Государств, соотечественников, проживающих за рубежом, и по международному гуманитарному сотрудничеству (Россотрудничество); Государственная программа по оказанию содействия добровольному переселению в Российскую

[17] Жилищно-коммунальное хозяйство Липецкой области: [Электронный ресурс] // Управление жилищно-коммунального хозяйства Липецкой области. М., 2002-2017. URL: http://gkhlipetsk.ru/obl/info.htm. (Дата обращения: 9.06.2016 г.).

Федерацию. Все большее количество организаций вовлекаются в процесс построения взаимоотношений с соотечественниками, так как за пределами нашей страны живут около 25 миллионов наших соотечественников.

Особое внимание стоит уделить работе с молодыми соотечественниками, которые являются мягкой силой в укреплении позитивного имиджа нашей страны в мире. Прямой контакт с молодыми соотечественниками необходим и для продвижения русского языка, консолидации русскоязычной молодежи во всем мире. Россотрудничество курирует государственную программу «Здравствуй, Россия!», в рамках ее мероприятий 1000 молодых соотечественников – победителей конкурсов на знание истории и культуры России, русского языка посещают Москву, Санкт-Петербург и Казань. Таким образом не теряется связь исторической родины с молодыми соотечественниками, которые могут принять решение жить в России, иметь более широкое представление о Родине.

Для поддержания диалога с нашими молодыми соотечественниками, а также их сверстниками из стран, которые они представляют, в Россотрудничестве был разработан проект «Новое поколение». Его основными целями и задачами являются:

– развитие и углубление общественных, деловых и научных связей между Российской Федерацией и иностранными государствами;

– содействие объективному восприятию в мире происходящих в российском обществе общественно-политических, социально-экономических, научно-образовательных и культурных преобразований;

– расширение круга конструктивно настроенных по отношению к Российской Федерации активных молодых граждан иностранных государств, привлечение их к участию в укреплении партнерских отношений между Российской Федерацией и государствами, которые они представляют.

Проект «Новое поколение» направлен на организацию краткосрочных поездок в Российскую Федерацию молодых представителей политических, общественных, научных и деловых кругов иностранных государств для ознакомления с общественно-политической, социально-экономической, научно-образовательной и культурной жизнью. Опыт такой практики был в Советском Союзе, когда была сделана ставка на обучение молодых иностранцев, подготовку иностранных кадров и специалистов разных областей, для того чтобы иметь прямой контакт и взаимодействие в государствах, из которых они приехали учиться в СССР, тем самым увеличивая свой мировой авторитет и престиж советского образования. Важно и сейчас использовать практику взаимодействия соотечественников с их молодыми иностранными сверстниками. Работа с молодыми соотечественниками и иностранными сверстниками является одним из приоритетных направлений внешней политики в сфере укрепления имиджа нашей страны.

Развитие физкультурно-спортивного потенциала молодёжи в России

Юдович А.М.
Научный руководитель – Джафаров Н.К.
МАИ, каф. ГМУПиП
yudovich_anastasia@mail.ru

Как известно спорт считается одним из самых доступных способов не только поддержания, но и сохранения здоровья человека. Всё чаще появляются и развиваются разные формы физических нагрузок, совершенствуются новые, необычные виды спорта.

Сегодня, развитие спорта среди молодёжи является одной из самых из актуальных проблем, стоящих перед государством. Каждая страна в мире ждет большого и великого будущего от своего нового поколения, которое должно быть здоровым, сильным, развитым, способным работать, защищать Родину. Это значит, что государство, прежде всего, должно большое внимание уделять именно на детей, подростков и молодежь.

Основная задача органов власти - это организация и создание условий для доступности спорта среди всех слоёв населения, а также пропаганда здорового образа жизни и привлечение молодёжи к участию в физкультурно–оздоровительных и спортивных мероприятиях. Нужно вовлекать молодежь в спорт, нельзя ограничиваться

просто уроками физкультуры, нужно расширять сеть спортивных клубов, секций, объединений и т.п. С помощью этого молодые люди будут меньше злоупотреблять вредными привычками. Ведь когда человек занят любимым делом, ему просто не остается времени на свершение поступков, за которые потом приходится расплачиваться всю оставшуюся жизнь.

Если говорить о проблемах касающиеся молодёжного спорта, то на сегодняшний день явной проблемой является развитие спортивной инфраструктуры, это касается спортивных залов, бассейнов, стадионов, площадок и многих других объектов, предназначенных для активного занятия спортом. Эта проблема существует, потому что доля расходов государства не покрывает существующей потребности в развитии инфраструктуры.

Дополнительно ситуация осложняется из-за того, что Министерство финансов России определил субъектам Российской Федерации максимальные предельные уровни расходов на социальную сферу в регионе, исходя из уровня доходов региональных бюджетов. Именно это, даже при желании региональных властей, не позволяет расходовать имеющиеся необходимые средства на создание спортивных объектов. Следует отметить, что нагрузка на бюджеты субъектов Российской Федерации значительно выше, чем на федеральный бюджет.

Очевидно, что решение проблем развития инфраструктуры физической культуры и спорта невозможно без привлечения частных инвестиций. Благодаря развитию частных инвестиций в спортивной сфере, экономика получает множество позитивных моментов в виде снижения финансирования разнообразных строительных объектов, создания новых рабочих мест, не говоря уже о том, что благодаря развитию спортивной инфраструктуры население становится здоровым и спортивным, что, безусловно, важно для нации в целом.

Секция «Лингвистика»

Функционирование IT-терминологии в английском специализированном техническом тексте

Абрамова М.А.
Научный руководитель – к.ф.н. Денисова О.И.
МАИ, каф. И-01
mabramova@inmas.ru

В настоящее время идет быстрое развитие отрасли IT в большинстве стран мира. Новые уникальные технологии, методы и разработки требуют расширения области знаний, что в свою очередь влечет расширение терминосистемы. Стремительное развитие терминосистем приводит к увеличению активности взаимодействия специалистов отрасли и лингвистов.

В рамках статьи была проанализировано функционирование IT-терминологии в специализированном тексте, посвященном защите программного кода от кибератак («Secure Your ABAP Code Against Attack»). Были выделены такие лексические приемы, как применение специальных терминов, изменение значения общеупотребительных единиц языка в контексте. Также выделяется частое образование многокомпонентных терминов, образованных соединением нескольких общеупотребительных слов. Помимо вышесказанного, в специализированном тексте выделяется частое использование аббревиатур, специфичных для области и требующих определенных знаний.

Так как основная задача научно-технических текстов – предельно ясно и точно донести до читателя сообщаемую информацию, при переводе следует обращать внимание на вышеперечисленные особенности. Подобные тексты отличаются особым построением, целью которого наиболее четко и аргументированно передать мысли, излагаемые автором, что также необходимо передать при переводах на другие языки. При переводе английских текстов научной направленности необходимо учитывать, что в целевом языке могут

отсутствовать аналоги новых терминов. Поэтому периодически возникает необходимость искать соответствующие аналоги и эквиваленты.

Из всего вышесказанного следует, что перевод англоязычных научных текстов требует не только лингвистических навыков, но и определенных знаний в рамках предметной области.

Типы сокращений и сложных слов в научно-технических текстах

Аносов Е.А.
Научный руководитель – к.ф.н. Денисова О.И.
МАИ, каф. И-01
kancler-junior@yandex.ru

В современном мире для специалиста в научно-технических областях очень важно знать иностранный язык, ведь чаще всего вся важная информация о том или ином техническом продукте (техническая документация) написана на английском языке. Для верного и грамотного перевода таких текстов необходимо глубокое понимание рассматриваемой области и знание специфических терминов. Тексты в технической документации рассчитаны на специалистов, которые не нуждаются в обычных объяснениях, часто встречающихся в учебниках и справочниках. Им интересны различные особенности и подробности рассматриваемого продукта, поэтому термины, которыми очень загружены подобные тексты, предполагаются заранее известными.

Целью исследования является выявление наиболее встречающихся типов сокращений и сложных слов в англоязычных научно-технических текстах, как они влияют на перевод всего текста.

За последние несколько десятилетий количество научно-технических текстов неуклонно растет, ведь с развитием информационных технологий научный прогресс стал двигаться с огромной скоростью. Появилось множество новых технологий и наук, которые в большинстве своем содержат свои уникальные способы описания и терминологии. Часто бывает так, что многие термины в принципе не имеют понятного обычному человеку перевода на русский язык.

В данном исследовании рассматриваются два основных компонента научно-технических текстов. Первое - это сокращения. Научно-технические тексты часто содержат очень много сокращений, подавляющее число из которых являются аббревиатурами. В рассматриваемых текстах ярким примером такого сокращения является термин ERD - entity-relationship diagram - диаграмма сущность-связь. Несмотря на кажущуюся неправильность такого перевода этой аббревиатуры, он является верным, хоть и непонятным незнакомым с определенными областями IT технологий людям. Вторым рассматриваемым компонентом являются сложные слова. Сложные слова в английском языке могут быть образованы разными способами - словосложением, аффиксация и т.д. Из исследуемых текстов в качестве примера возьму слово software - программное обеспечение. Он образовано словосложением от слов soft и ware, и появилось во второй половине 20 века, в связи с появлением и развитием компьютеров.

Делая вывод из проделанного исследования можно сказать, что анализ сокращений и сложных слов в научно-технических текстах помогает более точно понять смысл некоторых специфических терминов, облегчает общее понимание рассматриваемой в данном тексте научной области и помогает обеспечить более грамотный перевод. Перевод научно-технических текстов должен верно передавать смысл оригинала в виде, близком к виду оригинала. Отступления от точного перевода должны быть оправданы особенностями русского языка. В общем, перевод должен быть не совсем точным, но и не свободным пересказом оригинала.

Применение знаний математической лингвистики при проектировании машинного переводчика

Арифуллин А.И.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Федулова А.Н.
МАИ, каф. И-03
ai1597@mail.ru

Возникновение на рубеже XIX – XX веков таких вопросов как логическое обоснование математики, а также формальные системы, закономерность и разумность доказательств, проблемы вычислимости привело к созданию двух обширных научных направлений: математической логики и теории алгоритмов. Теория алгоритмов нашла широкое применение для разрешения тех задач, которые возникали в связи с внутренними потребностями теоретической математики. Появление и развитие первых ЭВМ способствовали развитию теории алгоритмов, так как некоторые её разделы обнаружили свою ярко выраженную прикладную направленность.

В то же самое время возникают первые мысли относительно применения ЭВМ для создания машинного переводчика. Его моделирование основывалось на математическом подходе. Считалось, что переводчик должен представлять собой конечный автомат, на вход которого подаются предложения на исходном языке (ИЯ), и с помощью внутренней программной обработки выдаются выходные предложения на языке перевода (ПЯ). Чисто математический принцип не гарантировал высокое качество перевода, причиной чему являлся также слишком примитивный словарь, который удалось создать для этих целей. На этом инженеры, математики и лингвисты не стали останавливаться.

В процессе изучения алгоритмов выявилось, что теория алгоритмов тесно связана с рядом областей экономики, физиологии мозга, психологии, естествознания и лингвистики. Слияние двух наук, а именно математики и лингвистики, привело к созданию нового направления под названием математическая лингвистика. Крупные исследования в начале второй половины XX века в данной области определялись требованиями разработки формального аппарата для описания строения естественных и некоторых искусственных языков, в частности языков программирования. Примерно с 50-х до 80-х годов было сделано немало открытий в области математической лингвистики. Однако вместе с ними возникали порой неразрешимые или до конца неизученные проблемы, что в свою очередь тормозило дальнейший ход развития исследований в данном направлении.

Вероятно, что по этой причине в настоящее время компании-гиганты остановились на статистическом подходе к совершенствованию машинного перевода, что, естественно, не может повысить его качество. Адекватное видоизменение переведённого машиной текста до сих пор осуществляется с помощью человеческого интеллекта. Может быть, специалистам необходимо вернуться к изучению проблем математической лингвистики для достижения больших успехов в создании искусственного интеллекта?

Актуальные проблемы перевода и владения авиационным языком и терминологией

Артамонов Е.А., Солосятов Д.И.
Научный руководитель – ст. преподаватель Осьмина К.С.
МАИ, каф. И-07
daniilsolosyatov@gmail.com

Проблемы введения требований к владению английским авиационным языком членами экипажа воздушного судна и диспетчерами аэропортов комплексов гражданской авиации – одни из наиболее насущных проблем во время высоко развитого уровня безопасности технических средств. Эксперты по безопасности постоянно ищут пути повышения безопасности полетов, чтобы обеспечить дальнейшее снижение количества авиационных происшествий, которое уже сегодня находится на весьма невысоком уровне.

Недостаточный уровень владения языком, его неумелое (или неверное) использование, в ряде случаев, которые освещаются Международной организацией гражданской авиации в Руководстве по внедрению требований ИКАО к владению языком, способствует развитию цепи событий, приводящих к авиационным катастрофам.

Термин «авиационный язык» охватывает относительно широкую область. Он может включать в себя все ситуации использования языка представителями различных профессий (инженеры, техники, коммерческий персонал, летные экипажи и т.д.), работающих в области авиации, которая сама по себе включает такие направления, как самолетостроение, техническое обслуживание воздушных судов, полетная деятельность, управление воздушным движением, организация полетов, эксплуатация аэродромов, обслуживание пассажиров, и летная работа экипажей ВС.

Стандартизированные слова и выражения фразеологии ИКАО, утвержденные для ведения радиотелефонной связи, разрабатывались на протяжении многих лет и представляют собой настоящий субъязык, соответствующий представленному выше определению. Представляется целесообразным рассматривать авиационный язык, язык радиотелефонной связи и фразеологию как нисходящую иерархию все более сужающихся подсистем в рамках более общей категории «языка».

Опыт, накопленный за многие десятилетия существования авиации, дает множество примеров явного непонимания между пилотами и диспетчерами. В большинстве случаев недопонимание было устранено, однако в ряде случаев неадекватная коммуникация повлекла за собой серьезный ущерб собственности и гибель людей.

Более 800 человек погибли в результате трех крупных авиационных происшествий (одно столкновение на земле, одна авария вследствие полной выработки топлива и одно столкновение с землей в контролируемом полете). Казалось бы, все они принадлежат к различным типам аварий, но входе расследования происшествий в каждом из трех случаев обнаружился один общий сопутствующий фактор: недостаточный уровень владения английским языком членами экипажа или диспетчером способствовал развитию цепи событий, которые привели к катастрофе.

Возможно, наиболее значимый вклад в исследование проблем усвоения языка в последнее десятилетие внесла разработка теоретических подходов к пониманию языковой компетентности, на основе которых могут разрабатываться специальные системы тестирования. Интерес к коммуникативным подходам в области обучения языку привел к коренному пересмотру практики языкового тестирования с введением методов, предназначенных для прямой оценки языковых умений.

Терминологические словосочетания в сфере англоязычных социальных средствах массовой информации

Афанасьева О.В.
Научный руководитель – к.ф.н. Денисова О.И.
МАИ, каф. И-01
olafanaseva@mail.ru

В настоящее время, в связи с прогрессом науки и техники, а также в результате социальных изменений, возникают новые понятия, что обязывает в потребности появлении новых терминологических словосочетаний (термины, которые состоят из нескольких компонентов). Их использование и комбинация позволяет более точно подчеркнуть нужный смысл.

К первому типу терминов-словосочетаний относится модель «прилагательное + существительное», в котором прилагательное употребляется в своем обычном значении, а существительное является термином. Во втором типе терминологических словосочетаний оба компонента - термины, а также могут употребляться вне данного сочетания самостоятельно, при этом в сочетании они сохраняют присущее каждому из них собственное значение.

Терминологические словосочетания раскрывают понятия специальной области знаний или деятельности. Такие термины особо часто используются в сфере

англоязычных социальных СМИ. На сегодняшний день СМИ – является самым популярным средством распространения массовой информации. Следует иметь в виду, что термин раскрывает некое конкретное значение в контексте и может изменять содержание, в зависимости определенной отрасли, а также в каком стиле общения он употребляется.

Примером таких терминологических сочетаний в сфере англоязычных социальных СМИ может являться Word-of-mouth marketing (в переводе – маркетинг из уст в уста или сарафанное радио) - неформальные формы и способы передачи устной информации о товаре или услуге от потребителя к потребителю, либо же передача информации в виде каких-либо новостей. Это некая форма рекламы, с помощью которой удовлетворенные пользователи рассказывают другим людям, почему им понравилась какая-либо услуга, товар, либо множество людей делятся между собой одной и той же информацией, передавая устно и не меняя смысловое значение. Сарафанное радио является рекламной формой, которой люди доверяют, так как человек, который советует что-либо, не имеет личной выгоды.

Целью работы являлось раскрытие влияния терминологических словосочетаний в сфере англоязычных социальных СМИ на смысловую окраску текста, определение формы передачи информации до читателей.

В результате, дальнейшее развитие влечет за собой появление новых терминологических сочетаний, но каждая область их использования будет также нести в себе свой индивидуальный смысл.

Применение искусственного интеллекта в лингвистике, космосе и авиации

Ахмед С.Х
Научный руководитель – ст. преподаватель Осьмина К.С.
МАИ, каф. - 07
untronix@outlook.com

Искусственному интеллекту (ИИ) посвящено очень много книг, статей, трудов ученых- и это неудивительно. Искусственный интеллект нашел широкое применение в ряде важных задач и приложений не только науки, но и общества. Сегодня практически невозможно представить свою жизнь без интернет почты. Интересно так же то, что в работе почтовых ящиках участвуют алгоритмы машинного обучения, предназначенные для сортировки почты. Стоит сказать, что уже в 2001 году появился первый домашний робот-пылесос Electrolux Trilobite, который умел самостоятельно передвигаться и обходить препятствия. В медицине ИИ используется для диагностики заболеваний. Это применение широко распространено в Америке и в некоторых странах Европы. И так можно продолжать очень долго. Все эти примеры демонстрируют разные направления, в которых используется искусственный интеллект. Любопытно, но в основе алгоритмов ИИ лежат решения повседневных задач, но сформулированные более строже. Конечно, у такого слияния повседневной жизни и искусственного интеллекта есть свои подвохи и опасности (что и показал нам фильм «Терминатор») и об этом тоже написано множество работ, в том числе и Стэнфордского университета.

В этой статье речь пойдет о таких применениях искусственного интеллекта, как определение типа характера человека по его манере письма о беспилотных летательных аппаратах и задаче оценки действий пилота на этапе посадки. Но прежде необходимо дать ключевые определения: Искусственный интеллект (ИИ) - это одновременно и область науки, стремящаяся переместить способность творческого человеческого мышления на машину, и набор вычислительных технологий. Иначе говоря, искусственный интеллект — это направление технологических разработок, которое делает механизмы умными, а умные механизмы — это те, которые могут действовать правильно в зависимости от обстоятельств. Подобно любой науке, у ИИ есть свои подразделы, но наибольшее применение на практике нашло машинное обучение. Мы учим машину посредством передачи выборочных данных с определенными ответами и взаимосвязями (обучение с учителем) или мы можем попросить машину самостоятельно выделить ключевые

моменты (дедуктивное обучение). Эта часть ИИ очень широко распространена и именно с ней связан наш сегодняшний разговор.

Общаясь с незнакомцами в соц. сети нам становится интересно, что они из себя представляют, ведь мы можем нарваться на опасных людей, или быть обманутыми мошенниками. Очень часто, мы становимся жертвами интернет-мошенников. Но этого можно избежать. Похожую задачу решила компания и многим известная соц. сеть Facebook. Они реализовали алгоритмы ИИ (машинного обучения), которые способны проанализировать по часто употребляемым выражениям, стилю общения и манере поведения вычислить подозрительных людей. По сути, мы предлагаем компьютеру некую модель опасного человека, и стараемся расширить ее, передавая компьютеру больше информации о лексическом и грамматическом оснащении мошенника. К сожалению эта система пока реализована только в Америке и находится на бета-тесте. Однако, мы можем реализовать нечто подобное не дожидаясь прихода технологий фейсбука, так как мы оснащены достаточно высоким уровнем знаний в области программирования. Похожие алгоритмы используются в авиационной отрасли. Задав модель и параметры полета, мы можем оценить действия пилота в какой-то конкретный момент времени(например во время посадки) или определить его квалификацию. Это широко применяется в гражданской авиации. С беспилотными летательными аппаратами и роботами ситуация несколько сложнее. Здесь мы прибегаем к достаточно сложным алгоритмам-нейронным сетям, которые обрабатывают входящую информацию и на ее основании выполняют определенное действие. На выходе мы получаем весьма интеллектуальные автономные системы и машины, способные выполнять сложнейшие задачи, которые порой необходимо решать человеку.

Лингвистические особенности англоязычных авиационных текстов для диспетчеров международных авиалиний

Бегунова М.Г.
Научный руководитель – к.ф.н. Мельдианова А.В.
МАИ, каф. И-01
mariebegunova@gmail.com

Статья посвящена основным особенностям авиационной терминологии для специалистов по организации воздушного движения. Особое внимание уделяется анализу грамматических и фонетических аспектов специального языка-кода для авиадиспетчеров, отличных от классического литературного английского языка.

Роль пилотов в гражданской авиации, безусловно, очень велика. Но, к сожалению, люди забывают о самой ответственной и сложной профессии− профессии авиадиспетчера. Именно специалист по организации воздушного движения отвечает за безопасность и спокойный полет тысячи пассажиров на десятках рейсов.

Учитывая специфику работы, функции авиадиспетчера могут выполнять только люди со специальной языковой подготовкой, высокой физической и эмоциональной выносливостью и способные незамедлительно принимать решения в экстренных ситуациях.

Особое внимание в профессии авиадиспетчера занимает профессиональная подготовка по языку. Особые лексические единицы и сокращения облегчают процесс дискурса радиообмена и исключают неверное понимание смысла команд. Курс авиационного английского включает в себя раздел грамматики, раздел фонетики, сокращения, аббревиатуры, особую фразеологию и общий английский. После прохождения основного обучения и успешной сдачи экзамена, диспетчеры обязаны обновлять сертификат английского языка по шкале ИКАО в соответствии с уровнем: 4 уровень каждые 3 года, 5 уровень - каждые 6 лет, 6 уровень - без ограничений.

Главными особенностями радиотелефонного английского языка (языка-кода) от классического литературного языка являются: применение простых и коротких предложений в повелительном наклонении для быстрой и четкой передачи данных, особые правила произношения чисел и некоторых слов во избежание неверного

понимания команд пилотами и специальные сокращения и аббревиатуры языка-кода, посредством которых авиадиспетчеры способны распознать угон самолета.

Таким образом, анализ грамматических, фонетических и лексических аспектов радиотелефонного авиационного английского языка может быть полезен как в профессии переводчика технического языка, так и авиадиспетчера.

Solar powered aircraft

Бейгер Н.М.
Научный руководитель – ст. преподаватель Мусина Е.Д.
МАИ, каф. И-06
nbeyger@yandex.ru

Aviation is one of the brightest inventions of the 20th century. It has been one of the couses of transport revolution. Despite the common public fear, it is one of the most popular, effective and safe type of transport. Although, it has obvious advantages it has some drawbacks as well. One of the major issue is fuel efficiency or, more broadly speaking, the source of power. For the whole 20th century engineers were thinking about the cheap, light and calorific substance which can give enough power for vehicle to fly. Kerosene or gasolin are good enough, only before we don't take into consideration the externality problem. In 21st century we have to think about the environmental problem since the global warming, which caused by emissions, become inevitable. Another problem is cost efficiency, since the fossil resources become scarce, the aviation practioners have to take into consideration economic factor as well.

What is the 21st century may answer to the problem of green gases emission? Of course, it will be really handy, if we can use relatively cheap, safe and renewable source to fuel out mobility. Interestigly enough we have one - the Sun! Or more precicely solar power. It is already exist the aircraft which flies only with energy of the Sun. Let's have a closer look.

Solar Impulse 1. Solar Impulse is not the first solar airplane, but it is the first one that flies through day and night. Without any conventional fuel it uses just energy stored in its batteries. It was designed to remain airborne up to 36 hours. It conducted its first test flight in December 2009. In July 2010, it flew an entire diurnal solar cycle, including nearly nine hours of night flying, in a 26-hour flight. Piccard and Borschberg completed successful solar-powered flights from Switzerland to Spain and then Morocco in 2012, and conducted a multi-stage flight across the US in 2013.

Solar Impulse 2. The second aircraft, completed in 2014 and named Solar Impulse 2, among other improvements carries more solar cells and more powerful engines. On 9th March 2015, Piccard and Borschberg began to make his way around the globe with Solar Impulse 2, departing from Abu Dhabi in the United Arab Emirates. The aircraft was scheduled to return to Abu Dhabi in August 2015 after a multi-stage journey around the Globe. By June 2015, the plane had traversed Asia, and in July 2015, it completed the longest leg of its journey, from Japan to Hawaii. Solar Impulse 2 resumed his journey in April 2016, when it flew to California. It continued across the USA until it reached New York City in June 2016. Later that month, the aircraft crossed the Atlantic Ocean to Spain. It stopped in Egypt before returning to Abu Dhabi on 26 July 2016, more than 16 months after it had left, completing the approximately 42,000 kilometre (26,000 mile) first circumnavigation of the Earth by a piloted fixed-wing aircraft using only solar power.

To conclude, we pointed some examples when aircraft made his way around the world using no gasoline or any other aviation fuel. Thus, I think it is a huge achievement. Naturally, it has some serious disadvantages in comparison with aircrafts which fuel in traditional way. Just mention few, it can’t carry more than 2 people, can’t carry any cargo, can’t flight as fast and as long as modern aircrafts that use aviation fuel. However, there is a lot of space to improvement and development in the area. Probably, someday it may replace all the up-to-date’s aircrafts and become the new branch of the aviation evolution.

Особенности использования и перевода авиационной лексики в художественных произведениях (на материале романа Джозефа Хеллера "Catch-22")

Быховская К.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Фомушкина О.В.
МАИ, каф. И-02
sonsenimia@mail.ru

Проблема перевода художественной литературы, связанной с авиационной тематикой, с английского языка, является достаточно актуальной, поскольку в том числе она является источником информации о предметной области для русскоязычного читателя. Таким образом, некорректно переведенные термины могут вводить в заблуждение, создавая неверное представление о целых областях авиации. В качестве примера в работе рассматриваются авиационные термины из романа Джозефа Хеллера "Уловка 22" периода II Мировой войны.

Термин – это слово или словосочетание, имеющее специальное значение, которое выражает и формирует профессиональное понятие и применяется в теории и практике соответствующей научной или профессиональной области. Отличительные черты термина, которые позволяют однозначно его определить – краткость, однозначность, точность, стилистическая и эмоциональная нейтральность. Для получения лучшего перевода на практике часто прибегают к методам трансформации терминов, например, для сохранения стиля при переводе художественной литературы. Однако это может повлечь за собой искажение точного смысла.

В работе проведён анализ романа "Уловка-22", сформирована база авиационных терминов, рассмотрен содержащий их контекст, и проанализированы наиболее распространенные способы перевода терминов. Для исследуемого материала наиболее распространенными методами перевода терминов являются методы калькирования (например, emergency landing – аварийная посадка), перестановки (squadron personnel – личный состав эскадрильи), конкретизации и генерализации (back – хвостовой отсек), описательный перевод (loose bomb pattern – рассеянное бомбометание), а также частичное транскрибирование (corporal – капрал). Перевод некоторых терминов, допускавший более одного варианта, был осуществлён с учётом контекста и общей стилистики художественного произведения.

The future of flight
(Будущее полета)

Виноградова Е.В., Гурьев Э.Е.
МАИ, каф 501
Guryev_93@mail.ru

Every year 3.1 billion people fly around the world to relax, to seal a deal, for adventure and for love, using 80 billion gallons of fuel and producing over 705 million tones of CO2 .

But what if you could enjoy the journey, not just the destination? If removing the windows could open your eyes more than over before?

Reducing weight and reducing cost for you and for the manufacturer. Our technologies can support the development of aircraft and the fuselage will be thinner, lighter and stronger with wider sitting for passengers, lower fuel consumption and reduced CO2 emissions.

With life video stream on displays offering panoramic views and entertainment, information and in-flight services at your fingertips, it's time to start your journey, your way.

And now I'm going to show you completely different way of aviation's development.

In 1940 Henry Ford said: "Mark my word: a combination of airplane and motorcar is coming. You may smile, but it will come".

AeroMobil. Beautiful flying car. Beautifully integrated. Transforms in seconds from an automobile to an airplane. Gives you freedom to move.

AeroMobil is a flying car that perfectly makes use of existing infrastructure created for automobiles and planes, and opens doors to real door-to-door travel. As a car it fits into any standard parking space, uses regular gasoline, and can be used in road traffic just like any other

car. As a plane it can use any airport in the world, but can also take off and land using any grass strip or paved surface just a few hundred meters long. The current flying car prototype AeroMobil 3.0 incorporates significant improvements and upgrades to the previous pre-prototype AeroMobil 2.5.

It is now finalized and has been in regular flight-testing program in real flight conditions since October 2014.

The AeroMobil 3.0 is predominantly built from advanced composite material. That includes its body shell, wings, and wheels. It also contains all the main features that are likely to be incorporated into the final product, such as avionics equipment, autopilot and an advanced parachute deployment system.

AeroMobil 3.0 also implements a number of other advanced technologies, such as a variable angle of attack of the wings that significantly shortens the take-off requirements, and sturdy suspension that enables it to take-off and land even at relatively rough terrain.

Особенности перевода англоязычных слоганов на русский язык

Волкова Д.Н.
Научный руководитель – доцент, к.п.н. Чалова О.А.
МАИ, каф. ИЯ
dariavolk95@mail.ru

В настоящее время рыночная экономика диктует свои условия для компаний, одним из таких условий является производство собственной продукции. Цель данных компаний - повысить свои продажи, и для выполнения поставленных целей они привлекают как можно больше людей к выпускаемой продукции. Одним из эффективных методов привлечения клиентов является реклама. Хорошая реклама должна быть яркой и запоминающейся. Одним из элементов рекламы в свою очередь является слоган. Он «въедается» в головы потенциальных потребителей, тем самым убеждая их покупать данный продукт, но вследствие языкового барьера и особенностей появляются трудности с адаптацией слогана на другие языки. Рекламные компании используют молодежный сленг, придумывают новые слова, чтобы привлекать молодое население. Поскольку язык развивается, а реклама передает все остроты языка, то использование нововведений надо еще объяснить. Рекламные компании давят на популярные интересы молодежи, чтобы продукт покупался, но так как в разных странах разные интересы, то слоган адаптировать под это тоже нужно, а делать это трудно. Основная задача переводчика в данной сфере - сделать такой перевод слогана, чтобы он был настолько эффективным на языке перевода, насколько он функционирует на языке оригинала. Таким образом, целью нашей работы является выявление особенностей при переводе рекламных слоганов с английского языка на русский.

История развития рекламы уходит своими корнями в далекое прошлое. Когда в обществе стали развиваться товарно-денежные отношения, сразу появилась и реклама. Самой первой большой рекламной кампанией историки считают попытку английских предпринимателей привлечь переселенцев в Америку.

Во время перевода переводчику приходится сталкиваться с лингвистическими, языковыми проблемами, обусловленными различиями в семантической структуре и особенностями использования двух языков в процессе коммуникации, так и проблемами социолингвистической адаптации текста.

Как известно, русский язык – синтетический, а английский язык – аналитический. Именно поэтому смысл фразы в английском выражается через изменения формальных характеристик слов, а в русском передается через сочетание смыслов нескольких слов.

Рассмотрим несколько примеров англоязычных слоганов и их перевод:

Take your time. Take a Meller – Время есть. ЕстьMeller

If only everything in life was as reliable as a Volkswagen – Если бы только всё в жизни было такое же надежное как Volkswagen

Следовательно, можно сделать вывод о том, что слоганы — это абсолютно особый вид текста, для перевода и адаптации которого переводчику придется приложить немало

сил. Знаменательным признаком удачного перевода англоязычного слогана является гармоничное соединение основной рекламной идеи с теми средствами выразительности, которые наиболее соответствуют данной идее. Чем оригинальнее будет звучать переведенный слоган, тем больше вероятность, что его запомнят клиенты, а ведь это и является целью перевода любого слогана.

Лингвистические особенности текстов авиационно-космической тематики

Гришанович И.А.
Научный руководитель – к.ф.н. Мельдианова А.В.
МАИ, каф. И-01
Efirina5@yandex.ru

Статья посвящена рассмотрению и анализу лексико-грамматических черт научно-технических текстов, а именно текстов авиационно-космической тематики.

Научный стиль достаточно распространен в письменной речи. Прогресс не стоит на месте, наука и техника все время развиваются, новые явления и феномены требуют изучения и языкового описания. При этом много изобретений создано англоязычными учеными, поэтому в настоящее время научные тексты на английском языке играют важную роль и находятся в центре внимания во всем мире, что и обусловливает актуальность исследования.

Основной семантической особенностью научно-технических текстов является использование специальной лексики, а именно терминов, которые по структуре подразделяются на однокомпонентные (bulletproof, spacecraft, steel) и многокомпонентные (angle of deviation, flight controls). Английская авиационная терминосистема характеризуется большим количеством заимствований, главным образом из греческого языка и латыни. Авиационные тексты отличаются также большим количеством неологизмов, широким использованием аббревиатур и акронимов.

Необходимо отметить использование в авиационных текстах показательных цифровых значений, все они являются определенными характеристиками летательных аппаратов, описывающих их длину, массу и тягу.

Поскольку в авиации мы сталкиваемся с управлением сложной и дорогой техникой, возникает потребность в создании инструкций по управлению летательными аппаратами, необходим радиообмен информацией в полете с ЦУП-ом. Проведенное исследование по использованию радиосвязи свидетельствует о встречаемости в текстах большого количества повелительных конструкций.

Помимо повелительных предложений, среди грамматических средств в авиационно-космических текстах частотны безличные формы глагола, сложные атрибутивные словосочетания, существительные во множественном числе. Также необходимо отметить особое абзацное членение предложений, главным образом сложноподчиненных.

Таким образом, изучение стилистических, лексических и грамматических особенностей авиационных текстов позволяет выявить общие закономерности, присущие современному английскому научному стилю.

Особенности формирования аэрокосмических терминов

Гумбат-заде Х.Т.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Лысенко С.В.
МАИ, каф. И-02
moscow_baku@mail.ru

Авиационный английский язык определяется как комплексное, но специализированное подмножество английского языка, в широком смысле относящееся к авиации. Не ограничиваясь диспетчерскими и пилотными сообщениями, он может также включать использование английского языка, относящегося к любому другому аспекту авиации, например, язык, используемый пилотами для проведения брифингов, объявлений и связи на борту полетов или язык, используемый техническими специалистами по

техническому обслуживанию, бортпроводниками, диспетчерами или менеджерами и должностными лицами в авиационной промышленности.

Потенциал проблем связи в авиации, похоже, не сильно отличается от того, что существуют на самом деле. Невозможно избежать всех этих проблем. Невзирая на недостатки и преимущества в определенных ситуациях - на то, что порождало нерегулируемое использование языка, каждый элемент регулирования, который может потребоваться ввести для предотвращения идентифицированного типа проблемы, может оказаться неудобным в непредвиденных обстоятельствах.

В данной статье мы попытаемся выявить особенности развития аэрокосмических терминов и основные способы их перевода с английского языка на русский. Особое внимание уделяется различным процессам образования терминов, обусловливающим их возникновение и функционирование на современном этапе развития языка. Цель нашей статьи - изучить закономерности на материале отраслевой английской и русской терминосистем авиации. Отмечается, что наличие терминов в специальной лексике может служить подтверждением общности некоторых процессов слово- и фразообразования в современном английском и русском языках.

Понятие «термин» в науке в основном формировалось к началу XX века. Первые трактовки слова «термин» упомянуты в «Энциклопедическом словаре» Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона. Впоследствии, научно техническая революция привела к активизации информативно-коммуникативных процессов, следствием чего явился бурный количественный рост терминов в различных отраслях знания, активное проникновение их в общенародный язык. Эти процессы получили название «Терминологического взрыва»

Все, что можно сказать о терминологии авиации- это то, что являясь открытой системой, она достаточно консервативна, т.е. несмотря на постоянные изменения и нововведения в данной области, на уровне языка это отражается в виде словосложения как однословных, так и несколько словных терминов. Однако проведение исследования в области связи в авиации с точки зрения лингвиста, безусловно, способствует более глубокому пониманию затронутых вопросов. Исследование языка в авиации, где очень многое зависит от коммуникативного успеха, может сделать лингвиста и коммуникативного специалиста наиболее остро осознающими и чувствительными к процессам и проблемам, связанных с лингвистическим поведением в любой области социального взаимодействия.

Структурно-семантические особенности IT терминологии в текстах профессиональной тематики

Деревягин С.А.
Научный руководитель – к.ф.н. Денисова О.И.
МАИ, каф. И-01
sergderal@yandex.ru

В настоящий момент развития английского языка лексика сферы информационных технологий является одной из самых прогрессирующей Часто термины отживают себя и употребление прекращается; возникают новые понятия; иногда некоторые термины полностью переосмысливаются и меняют свое значение. Все это требует своевременного отображения в специальных терминологических словарях, фиксирующие современный этап развития той или иной сферы науки и техники. В связи с этим встает вопрос о корректном переводе терминов данной тематики на русский язык и их употреблении.

В данной работе было проведено структурное и семантическое исследование текста на английском языке из профессионального журнала на IT тематику. Целью исследования было раскрытие структурных особенностей и выявление семантических признаков и свойств терминов из текста, лежащие в основе создания новых понятий.

В работе было проделано разделение терминов на многокомпонентные и однокомпонентные. В разобранных текстах информационных технологий основными словообразовательными способами являются словосложение, аффиксация, конверсия и сокращение, также обычное заимствование и переосмысление значения слов. Самым

распространенным типом терминов, состоящих из нескольких слов, в английской терминологии является двухкомпонентное словосочетание, потом идут трехкомпонентные термины и так далее, но последующие уже встречаются намного реже чем предыдущие. В основном многокомпонентные термины образованы путем изменения части словосочетания такими же способами, как и для однокомпонентных терминов, словосложением и переосмысления свободного словосочетания.

При переводе же с английского языка на русский терминов применяются следующие виды перевода в зависимости от конкретной ситуации: описательный перевод и перевод при помощи подбора семантического эквивалента, транскрипция и калькирование. Для перевода терминов, взятых за образцы для семантического анализа, использовались различные англоязычные толковые словари и информация с сайтов информационной сферы деятельности.

Особенности перевода публикаций иностранных СМИ по теме международные отношения

Долгин А. Е.
Научный руководитель – ст. преподаватель Червяков В. И.,
МАИ, каф. ИЯ
erdogan496@gmail.com

По средствам массовой информации люди узнают, что происходит в их стране и за её пределами. Являясь серьезным инструментом влияния, СМИ распространяют политически значимую информацию, формирующую массовое сознание людей. В мире, где обмен информацией происходит постоянно и на разных языках, потребность в качественном переводе крайне высока. Крупным изданиям необходимо быстро и точно публиковать мировые новости на родном для читателей языке, а политикам требуется обращаться к публике и встречаться друг с другом в разных точках земного шара. Допущение переводческой ошибки в данном случае может привести как к неприятному курьёзу, так и к дипломатическому (мировому) скандалу. От оперативности и адекватности передачи информации зависит очень многое и поэтому проблема перевода иностранных публикаций СМИ как никогда актуальна.

В межъязыковой коммуникации препятствие, которое мешает носителю переводящего языка воспринимать текст на исходном языке называется лингвоэтническим барьером. Людей по разные стороны этого барьера разделяет не только отсутствие общего языка, но и то, что связывают с понятием этноса: различия в культуре, особенности менталитета и недостаточная информированность в вопросах текущей жизни чужой страны. В этом случае возникает потребность в работе специалиста.

В результате работы переводчика, текст перевода должен быть таким, чтобы он мог использоваться так, как будто он есть оригинал, и, в частности, чтобы он мог цитироваться, как слова автора. Общественное предназначение перевода можно определить следующим образом: перевод призван обеспечить такую опосредованную двуязычную коммуникацию, которая по своим возможностям максимально приближалась бы к обычной, одноязычной коммуникации.

В нашей работе внимание уделяется исследованию проблем и ошибок, возникающих при переводе иностранных публикаций на русский язык, а также способы их решения. Являясь конечным продуктом, работа переводчика должна передавать содержание и смысл исходного текста, а также достигать желаемой автором реакции.

Особенности перевода авиационных терминов в художественных фильмах

Жеребцова С.О.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Лысенко С.В.
МАИ, каф. И-02
queer.mole@gmail.com

Современные кинофильмы по степени документальности принято разделять на три основные подгруппы: документальное, научно-популярное и художественное (игровое)

кино. Особенность художественных фильмов заключается в том, что описываемые события, как правило, являются вымышленными полностью или частично; отдельные споры ведутся вокруг псевдобиографических картин.

Художественные фильмы также можно разделить на различные подгруппы, основываясь на различных признаках. Наиболее популярно деление на жанры: мелодрама, комедия, триллер м т.д. В рамках исследования наибольший интерес представляют такие жанры, как фильм-катастрофа, боевик, военно-исторический фильм, фантастика (преимущественно научная), фильм-путешествие, а также отдельные мультипликационные фильмы.

Как правило, использование авиационных терминов в кинофильмах связано со следующими сценами: отказ той или иной системы ЛА, потенциально ведущий к катастрофическим последствиям; обсуждение технических характеристик того или иного ЛА (например, разработка нового воздушного судна или ремонт уже использующегося); радиопереговоры пилотов; ситуации, в которых описывается причина задержки или отмены пассажирского рейса; описание работы аэропорта и его внутренних служб.

В художественных фильмах преимущественно используются наиболее простые термины, зачастую являющиеся общеупотребительными. Это связано со спецификой аудитории, на которую рассчитано большинство художественных фильмов. По той же причине редко используется специфический авиационный сленг: как правило, употребление сленговых лексем призвано подчеркнуть специфичность профессии говорящего персонажа и его высокую квалификацию.

Существует несколько основных проблем, с которыми сталкиваются специалисты при переводе авиационных терминов в художественных фильмах. Самое важное - передать смысл слова, не исказив его значение, однако сделав его как можно более понятным для среднего зрителя. Кроме того, приходится учитывать специфику вида перевода: так, дубляж требует дополнительных условий, основным из которых является такое использование слов и выражений, произношение которых в конечном итоге окажется максимально близким к артикуляции говорящего персонажа. Перевод субтитров, в свою очередь, предполагает использование слов емких, коротких и легко читаемых.

Использование авиационных терминов в художественных фильмах в тех или иных ситуациях определяется контекстом, который также необходимо учитывать при передаче на язык перевода каждого отдельно взятого термина.

Функционирование новых типов англоязычных аббревиатур в текстах сферы информационных технологий

Зотов А.А.
Научный руководитель – к.ф.н. Денисова О.И.
МАИ, каф. И-01
alalzotov@yandex.ru

С развитием информационных технологий, в нашу жизнь и лексику приходят новые аббревиатуры, в том числе из сферы информационных технологий. Следует придавать им большое функциональное значение, так как они играют в текстах важную роль.

Термин аббревиатура - это слово, читаемое по алфавитному названию каждой из букв, сделанного из первых букв каждого слова из словосочетания.

Акроним – вид аббревиатуры. Акронимы произносится как слово – слитно (например – ВУЗ).

Аббревиатура может быть сокращением, в котором используются буквы, отличные от первых букв слова (например, нм для «нанометр»).

Классическим примером англоязычной аббревиатуры является ICANN(сокращение от английского Internet Corporation for Assigned Names and Numbers, перевод на русский - Корпорация по управлению доменными именами и IP-адресами). В пример англоязычной аббревиатуры нового типа можно привести W3C (сокращение от английского World Wide

Web Consortium, перевод на русский - Консорциум Всемирной паутины). Полное оригинальное словосочетание содержит три слова начинающиеся с «W», что в самой аббревиатуре дает цифру «3» (как сокращение трех «W»).

Акронимы играют большую роль в научном письме. Они позволяют ускорить чтение и облегчить понимание содержания статьи. Таким образом, аббревиатуры используются с целью значительного уменьшения размера текста, препятствуя повторению громоздких словосочетаний, что способствует более быстрому чтению и легкому восприятию текста. Следует использовать аббревиатуры только тогда, когда словосочетание часто упоминается в тексте (пять или более раз). Однако, нет жестких требований к авторам по использованию акронимов. Использование акронимов - это личный выбор автора. Однако, авторам следует избегать необычных сокращений. Если читатель не знаком с аббревиатурой, ее использование, скорее всего, отвлечет внимание от читаемой статьи.

Цель исследования состоит в выявлении особенностей функционирования аббревиатур в текстах сферы информационных технологий. В результате исследования были выявлены новые тематические группы аббревиатур, характерные статьям связанных с информационными технологиями и определены новые тенденции увеличения роли иноязычных аббревиатур в текстах из сферы информационных технологий.

Проведенное исследование, выделяет основные тенденции развития аббревиатурных процессов, выявляя особенности образования новых аббревиатур, их классификацию по тематическому признаку в текстах тематики информационных технологий.

Данная работа может быть использована для анализа текстов, содержащих аббревиатурные образования.

Проблемы выделения ключевых слов в текстах на русском языке

Иващенко М.В.
Научный руководитель – к.т.н. Полицына Е.В.
МАИ, каф. ПВК
lotor02@yandex.ru

На сегодняшний день объемы информации циркулирующей в мировом сетевом пространстве характеризуются стремительным ростом. По оценкам компании Cisco System, с 2010 по 2015 год ежемесячный объем передаваемого трафика по сети Интернет, включающий веб-ресурсы и тексты вырос с 2,4 до 8,6 экзабайт, что увеличивает сложность программных решений, непосредственно связанных с обработкой текстов на естественных языка, фундаментом которых являются алгоритмы выделения и извлечения из текстов ключевых слов.

В общем понимании ключевые слова или фразы дают описание содержания текста, необходимое для определения его тематики. Выделенный из документа список ключевых слов (КС) может быть использован в качестве метаинформации, представляя текстовый документ при решении задач информационного поиска, классификации, кластеризации, реферирования и др. Для разработки автоматизированных систем выделения ключевых слов или фраз, необходимо опираться на эффективные алгоритмы, относительно которых имеется наиболее точная информация об их специфике функционирования.

Существует несколько определений понятия «ключевое слово». С точки зрения общенаучного подхода — это слова определяющие основной смысл и содержание текста. Помимо этого его рассматривают с точки зрения прикладных дисциплин, таких как психолингвистика, компьютерная и когнитивная лингвистика, информатика. Обобщив все определения, можно сделать вывод, что ключевыми словами называют особо важные, общепонятные, емкие и показательные для отдельно взятой культуры слова в тексте, набор которых может дать высокоуровневое описание его содержания для читателя, обеспечив компактное представление и хранение его смысла в памяти.

В процессе ознакомления с текстом ключевые слова могут восприниматься с ряда позиций: синтаксической (заголовок или первое предложение), частоте употребления,

необычным сочетаниям, синонимии, антонимии, морфологической и семантической производности.

В настоящее время не разработано ни одной последовательной методики выделения ключевых слов человеком. Исходя из этого возникает проблема реализации автоматизированных инструментов выделения КС. Так же данный факт обусловлен отсутствием четкой формализации моделей и определений с точки зрения инженерных дисциплин, что затрудняет разработку соответствующего инструментария.

Классификация методов извлечения ключевых слов характеризуется выделением следующих основных стратегий: статистических методов, лингвистических методов, основанных на машинном обучении методов, комбинированных методов. В течении последних лет просматривается всплеск интереса и рост количества программных решений в рассматриваемой области. Данный факт обуславливается совершенствованием средств вычислительной техники. К наиболее известным алгоритмам относятся: KWIC (KeyWordsInContext), TF-IDF (Term Frequency — Inverse Document Frequency), TextRank, DegExt, GenEx, CRF, метод опорных векторов, самоорганизующиеся карты Кохонена и др. Большинство из них разрабатывались и применяются для анализа текстов на английском языке, поэтому их применимость, русскоязычным текстам требует исследования. Кроме того, тексты разных жанров и стилей изложения имеют различные особенности построения и закономерности.

Таким образом, для решения проблем выделения КС на русском языке необходим анализ эффективности применения алгоритмов извлечения КС к русскоязычным текстам и тектам разных жанров и стилей. Это позволит создать инструментарий для автоматизированного выделения КС с учетом особенностей текста.

Extraction of advanced energy sources on the Moon surface (based on authentic texts of aerospace technology)

Добыча перспективных источников энергии на Луне (на материале аутентических текстов)

Короленко В.А., Ларионова А.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Абрамова О.В.
МАИ, каф. И-05
korolenko.vmir@gmail.com, a.larionova@inbox.ru

The idea of using resources in space to support human exploration and settlement or for economic development and profit beyond the surface of Earth has been proposed and discussed for decades. Work on developing a method to extract oxygen from lunar regolith started even before humans set foot on the Moon for the first time. Potential space resources include water, solar energy, vast quantities of metals and minerals in soils, atmospheric constituents, regions of permanent light and darkness, the vacuum and zero-gravity of space itself, trash and waste from human crew activities, discarded hardware that has completed its primary purpose, as well as solar wind which consists of mostly electrons, protons and alpha particles (identical to a helium nucleus).

One of these prospective resources is helium – 3. The unique properties of the isotope helium-3 are responsible for its application in many areas, e.g., neutron detectors, medical diagnostics, cryogenic technology at temperatures <1 K, oil and gas exploration, laser technology, and road construction.

Alternative sources of helium-3 such as the moon have recently been widely discussed. The moon has no atmosphere, which facilitates the accumulation of helium-3 because its surface is irradiated by unshielded solar radiation. The satellite's surface soil (regolith) contains up to 10 million tons of helium-3 (500,000 tons according to the minimum estimates).

The main problem is the complexity of winning helium – 3 from lunar regolith. Because of the low concentrations of helium-3, any mining equipment would need to process very large amounts of soil. Conditions for settlement the moon cannot be created without solving the problem of cosmic radiation and meteorites. Critics of the plans for winning helium – 3 on the

moon note that the cost of helium – 3 that is mass produced in fission reactors will be much less than that of lunar helium – 3.

Expanding applications and the prospects for using it in fusion reactors make helium – 3 a strategically important resource. Furthermore, the by-products of mining helium-3 are the gases essential for sustaining life in a lunar base: oxygen, hydrogen and compounds of nitrogen and carbon. The soil itself is also a perfect feedstock for construction materials.

Автоматизация установления семантических отношений между понятиями

Костичев Д.А.
Научный руководитель – к.т.н. Полицына Е.В.
МАИ, каф. ПВК
iaforism@gmail.com

Автоматическое извлечение знаний из текстов на естественном языке предполагает не только выявление понятий, но и извлечение знаний о них. Для этого необходимо распознать в тексте семантические отношения между понятиями, так как с их помощью описывается семантическая структура текста.

Существует несколько классификаций отношений между понятиями. И. Дальберг классифицировал отношения на концептуальные, квалитативные и квантитативные:

- квантитативные совпадают с теоретико-множественными отношениями: тождества, включения, исключения, пересечения, объединения;
- квалитативные включают в себя онтологические, иерархические и функциональные отношения.
- Ч. Филлмор предложил рассматривать в конкретном языке набор возможных семантических ролей, которые могут «исполнять» участники ситуации, обозначаемой глаголом, таких семантических ролей насчитывают более двадцати, например:
- агенс – активный, «главный» участник ситуации, обозначенной глаголом, сознательно контролирующий ход событий (*Девочка* бежит, *мальчик* разбил окно);
- пациенс – участник событий, не контролирующий их ход и претерпевающий изменения в процессе (*Девочка* болеет, мальчик разбил *окно*).

Проблема построения классификаций семантических отношений связана со сложностью и неформализуемостью естественного языка, поэтому даже у одного автора может быть множество теорий о том, как подразделять отношения между понятиями.

Множество видов семантических отношений и их неоднозначность существенно затрудняют создание алгоритмов их автоматического установления при построении моделей знаний.

Анализ видов семантических отношений и их классификаций показал, что в первую очередь может быть автоматизировано установление синонимических, ассоциативных и антонимических связей, основываясь не только на исходном тексте, но и дополнительной информацией из авторских словарей М. Р. Львова, А.А.Леонтьева, Ю.Н.Караулова и др.

Для получения начального списка понятий могут быть использованы толковые и энциклопедические словари.

Словарные статьи также являются источником информации для установления связей между понятиями. На основе их автоматизированного анализа с применением различных наборов правил и алгоритмов могут быть установлены разные виды связей, таких как «род-вид», «объект-субъект» и т.д. Расширение набора правил для определения новых видов связей позволит совершенствовать модель знаний.

Реализация алгоритмов автоматизированного установления семантических отношений между понятиями позволит сформировать модель знаний, необходимую для решения задачи «понимания» естественноязыковых текстов.

Все это обеспечит возможность накопления знаний и повышения уровня «интеллектуальности» алгоритмов анализа текстов и созданных на их основе инструментов.

Тема-рематическая структура текстов публицистического стиля.

Ларина А.С.
Научный руководитель – к.п.н. Журбенко Н.Л.
МАИ, каф. ИЯ
larinamalina@mail.ru

Для специалиста в области лингвистики, для которого иностранный язык является профессиональной сферой деятельности, необходимо понимать структуру текста, принципы его создания, основные характеристики. Умения работы с текстом необходимы для лингвиста – переводчика и при предпереводческом анализе исходного текста, и при создании текста на языке перевода. Учитывая факт, что начинающим специалистам часто приходится работать с текстами (устными и письменными) публицистического стиля, нами было проведено исследование, посвященное изучению тема-рематической организации текстов публицистического стиля. Целью исследования является выявление и раскрытие закономерностей тема-рематической структуры публицистических текстов, с учетом особенностей данного стиля в английском языке.

Лингвистические исследования в области актуального членения текста велись с различных позиций, например, с акцентом на изучение влияния логических построений или учёта психологических факторов, присущих определённому стилю. В нашем исследовании речь идёт об актуализации не только частей предложения, но и отдельных предложений и сверхфразовых единств (речевых единиц, отрезков речи, состоящих из нескольких предложений, объединенных по смыслу) и сопоставлении их тема-рематических структур с особенностями публицистического стиля.

В качестве теоретической и терминологической основы нашего исследования мы использовали работы выдающихся лингвистов В. Матезиуса, Л.С. Бархударова, И.П. Распопова.

В нашем исследовании определяется два основных компонента актуального членения, обусловленного коммуникативным заданием высказывания, или сверхфразового единства. Первый из компонентов – это тема. Тема – это предмет сообщения, его исходный пункт. Вторым компонентом является рема. Рема – это то, что автор текста сообщает об исходном пункте. Рема несет в себе новую информацию для слушателя, которая представляет собой цель высказывания. Прежде всего тема-рематические отношения высказываний определяются коммуникативной функцией, поскольку высказывание должно содержать намерение автора, мысли, о чём реципиент (слушатель, читатель) должен быть информирован в соответствии с целью, которую предполагает автор.

Цель публицистики – эффективное воздействие на читателя или слушателя, агитация к действию, убеждение в необходимости определенного отношения к излагаемым фактам и в необходимости желаемого поведения. Тексты публицистического стиля имеют определенную логичную структуру, что обуславливается целевой направленностью публицистического стиля.

При работе с текстами публицистического стиля, анализ тема-рематической структуры поможет наиболее точно передать коммуникативную цель исходного текста на языке перевода.

Типы терминов в текстах IT-технологий

Лаценова Л.Р.
Научный руководитель – к.ф.н. Денисова О.И.
МАИ, каф. И-01
molokoskislo@mail.ru

Трудно переоценить значимость терминов в современных языках. В научных статьях термины играют особенно важную роль, так как термин называет понятие. А понятие можно включить в текст только благодаря словесному обозначению. Иногда термины устаревают и перестают использоваться, но чаще, путем заимствований из

других языков и благодаря расширению знаний в той или иной области, в языках появляются все больше обозначений и терминов. Все это неизбежно привело к созданию терминологии и делению терминов на типы. В данной работе проводится анализ текста статьи, посвященной IT-технологиям, на предмет того, какие виды терминов используются в ней чаще всего.

В статье присутствуют множество терминов из сферы информационных технологий. Большинство из представленных терминов - это однословные термины, составленные путём добавления к слову какого-либо суффикса(пример: productivity), приставки (пример: co-creator), или окончания(пример: controlled system). Наиболее популярные суффиксы в статье: -(t)ion, -ing, - ment, -ance; преффиксы: non-, re-; окончания: -ed, -es. Также нередко употребляются термины-словосочетания или составные термины. В IT-текстах они встречаются особенно часто, так как в данной области есть некий набор общих понятий, а все разнообразие терминов получается путем добавления к общему понятию конкретизирующих признаков, что ведет к появлению составного термина. Например, анализируемая статья относится к сфере информационной безопасности. Значит, слова security, user, system будут входить в тот самый набор общих понятий, от которых и произойдут составные термины security compliance, security management, end-user, network security system organisation. В английском языке такие двухкомпонентные термины наиболее популярны. Некоторые технические термины в статье получены сложением двух слов (пример: end-user, network).

В основе технического перевода лежит формально-логический (коллективный) стиль, который характеризуется безэмоциональностью, точностью и безличностью. Грамматика технических переводов характеризуется использованием неопределенно-личных и безличных конструкций, пассивных оборотов, неличных форм глагола. При переводе технического текста активно используется такие переводческие приемы, как калькирование, транслитерация, транскрибирование и лексико-семантические замены.

В заключении стоит отметить, что специфика компьютерных технологий обязывает употребление множества видов терминов в научных статьях этой области. Особенно это касается терминов-словосочетаний. В данной статье преимущественно используются сложные двухкомпонентные термины, связанные с информационной безопасностью, а также простые однословные термины, которые характерны для любых технических текстов, независимо от направления в IT-сфере.

Языковые барьеры в РК (ракетно-космической) промышленности

Левченко Н.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Осьмина К.С.
МАИ, каф. ИЯ
89160879982@mail.ru

Под термином «языковой барьер» можно понимать незнание или слабое знание языка, препятствующее индивидууму реализовывать свой потенциал, вступать в контакт с членами иностранного коллектива и выполнять поставленные задачи.

Языковые барьеры на предприятиях ракетно-космической промышленности актуальная, сложная, многоплановая и много аспектная проблема. С данной проблемой безусловно сталкиваются все отросли Российской промышленности, но наукоёмкие особенно. Ракетно-космическая промышленность – одна из наиболее успешных стратегических отраслей российской экономики. Реализация новой Федеральной космической программы (ФКП) РФ на 2016-2025 годы принесет прибыль в 1,8 триллиона рублей за счет услуг космической связи и пилотируемых полетов. Такой огромный денежный оборот и перспективы этой отросли, дают понять, как важно развивать её, а значит, взаимодействовать с другими странами, как правило, на английском языке.

На сегодняшний день уровень владения английским языком в России очень низок, по оценкам международной компании EF (Education First) наша страна стала 39-й из 70 стран, вошедших в рейтинг. Такой низкий уровень владения языком связан в частности с событиями 1917 года, когда более чем на 70 лет опустился железный занавес, английский

язык совершенно не использовался: не было книг, журналов, фильмов и всего того, что сейчас кажется обыденностью. Формальное изучение языков в школе тоже ни к чему не приводило, несколько сильных лингвистических вузов, которые были в стране, готовили специалистов для нужд МИДа и небольшого количества международных организаций.

Чем чреваты языковые барьеры в ракетно-космической промышленности, последствия могут быть глобальны. Было проведено исследование профессором международной бизнес-школы Пэнкейдж Гемавэт, в котором он выяснил и смог доказать, что если две компании имеют общий язык и используют его в торговых отношениях, – эти отношения складываются на 42% успешнее, нежели в компаниях, ведущих совместный бизнес, но говорящих на разных языках. 42% - это огромная цифра, особенно для РК промышленности, ведь, выпускается единичная продукция, у которой и количество заказчиков очень ограниченно, поэтому нужно зарекомендовать себя во всех областях взаимодействия, как можно лучше.

Из способов решения проблемы:

- Привлечение внешних ресурсов в виде переводчиков;
- Повышение квалификации персонала;
- Наем персонала, уже обладающего требуемыми знаниями;
- Поиск кандидатов носителей языка;

Можно отметить, что все решения имеют как свои преимущества, так и свои недостатки. Трудно найти оптимальное, но главное, что проблема языковых барьеров решаема, а её решение, позволит улучшить качество оказываемых услуг и поднимет прибыль, эффективность Российской РК промышленности.

Ханс Георг Гадамер: «Изучение иностранного языка есть расширение сферы всего того, что мы вообще можем изучить».

The history of aviation
(История авиации)

Львова С.Ю.
Научный руководитель – ст. преподаватель Мусина Е.Д.
МАИ, каф. И-06
lvova-lana@mail.ru

The **history of aviation** has extended over more than two thousand years, from the earliest forms of kitesto supersonic, and hypersonic flight by powered, heavier-than-air jets. Kite flying in China dates back to several hundred years BC. It is thought to be the earliest example of man-made flight.

The discovery of hydrogen gas in the 18th century led to the invention of the hydrogen balloon. Various theories in mechanics by physicists during the same period of time, notably fluid dynamics and Newton's laws of motion, led to the foundation of modern aerodynamics, most notably by Sir George Cayley.

The term aviation, noun of action from stem of Latin avis "bird" with suffix -ation meaning action or progress, was coined in 1863 by French pioneer Guillaume Joseph Gabriel de La Landelle (1812–1886) in "Aviation ou Navigation aérienne sans ballons". The first great ships of the air were the rigid dirigible balloons pioneered by Zeppelin, which soon became synonymous with airships and dominated long-distance flight until the 1930s, when large flying boats became popular.

Throughout the 19th century, tower jumping was replaced by the equally fatal but equally popular balloon jumping as a way to demonstrate the continued uselessness of man-power and flapping wings. Meanwhile, the scientific study of heavier-than-air flight began in earnest.

Using a methodological approach and concentrating on the controllability of the aircraft, the Wright brothers built and tested a series of kite and glider designs from 1900 to 1902. the Wrights constructed their own wind tunnel and created a number of sophisticated devices to measure lift and drag on the 200 wing designs they tested. As a result, their testing and calculating produced a glider with a high aspect ratio and true three-axis control. They flew it successfully hundreds of times in 1902.

After World War II, which had a great impact on developing the aviation, the flying boats were in their turn replaced by land planes, and the new and immensely powerful jet engine revolutionised both air travel and military aviation. In the latter part of the 20th century the advent of digital electronics produced great advances in flight instrumentation and "fly-by-wire" systems. The first jet aircraft was the German Heinkel He 178 in 1939. The first jet airliner, the de Havilland Comet, was introduced in 1952. The Boeing 707, the first widely successful commercial jet, was in commercial service for more than 50 years, from 1958 to at least 2013.

The 21st century saw the large-scale use of pilotless drones for military, civilian and leisure use. With digital controls, inherently unstable aircraft such as flying wings became possible. We can not imagine our nowadays life without airplanes, which help us in all the parts of our life. Tourists use planes to reach the place as fast as it is possible. Aircrafts are also used in army to save our geographical boundaries.

История китайской гражданской авиации и её ошеломляющее развитие

Ляликова Д. А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Гойкочеа М.Л.Б.
МАИ, каф. И-03
lyalikova_d@mail.ru

Авиация является передовой движущей силой для экономического развития каждой страны. На сегодняшний день Китай тесно сотрудничает с Россией, закупая российские разработки самолетов.

Научно-техническое сотрудничество КНР и СССР стало отправной точкой для эволюции китайской авиации в середине XX века. Важно осознавать, что именно Россия помогла воздушным силам Китая выйти из застойного кризиса. В 1950-е года большую часть гражданских самолетов страны составляли именно советские модели самолетов.

Основательный сдвиг гражданской авиации Китая был вызван бунтом работников, который проходил по многим авиакомпаниям страны. Правительство начало выделять огромные суммы денег на строительство аэропортов и новых самолетов, но убытки продолжали расти. Тогда было принято решение пересмотреть проводимую политику, китайская авиация становилась коммерческой и начала приносить огромный доход национальной экономике страны.

В начале 2000-х темпы роста гражданской авиации Китая достигли очень высоких показателей. За 5 лет страна смогла увеличить прирост дохода от гражданских перевозок почти в четыре раза, а их количество увеличилось почти на 80%.

Так же стоит отметить, что КНР получил более двухсот заказов от отечественных и гражданских авиакомпаний на свой первый пассажирский самолет ARJ21-700, выпущенный в эксплуатацию в 2009 году.

Сейчас Китай является мировым лидером по стандартам безопасности авиаперевозок.

Gravitational waves - one step closer to the recognition of the Universe
(Гравитационные волны - на один шаг ближе к познанию Вселенной)

Малеев В.Н.
Научный руководитель – ст. преподаватель Абрамова О.В.
МАИ, каф. И-05
el.muerto.de.mederti@gmail.com

Данная статья посвящена уникальному историческому событию, которое потрясло не только научное сообщество, но и людей, не связанных с наукой - обнаружение и подтверждение Гравитационных волн, предсказанных сто лет назад Альбертом Эйнштейном. В статье рассмотрено, что явилось причиной обнаружения гравитационных волн. Описан способ и принцип работы лазерно-интерферометрической гравитационно-волновой обсерватории (ЛИГО). Но открытие гравитационных волн, может сделать больший вклад в науку, чем подтверждение старой теории. Они могут быть ключом к

вопросам, ранее не имевших ответа. Но самое важное то, что ученые стали на один шаг ближе к познанию Вселенной.

In the far galaxy more than 1.3 milliard years ago two black holes each with masses approximately 29 and 36 the mass of suns swirled in fateful the waltz closer and closer and closer until they collapsed in a furious strike. The staggering energy of the collision made a new huge black hole and generated a gravitational field so powerful that it deformed space-time in waves with an amazing power output more 50 times stronger that of the whole visible stars and galaxies.

Such events are not uncommon in space, but, scientist community for the first time in history has detected ripples in the fabric of space-time called gravitational waves, coming from a far galaxy. For such a large-scale event there is need the same large-scale instrument. Thousands of scientists and engineers from around world created laser interferometer gravitational-wave observatory. Two! These unique buildings are using 4-kilometers interferometer and large number of highly accurate optical mirrors. And after many years of painstaking work, scientists declared at last year that the 50-years searching for gravitational waves has ended successful.

Thanks to this grand discovering the era of gravity wave astronomy began. There is opening new opportunities in the study and recognition of the Universe.

The value of the experiment is enormous, but it finds out to be in a quite different angle of view - in the relationship between science and society. Detecting gravitational waves once again demonstrates the power of science. Therecalculatedcomplexprocesseswerecorrect.

Особенности научно-технического перевода на примере статей по теме «информационные технологии»

Марсов Д.А
Научный руководитель – ст. преподаватель Червяков В.И.
МАИ, каф. ИЯ
javver@bk.ru

В настоящее время идет активное развитие информационных технологий. Каждый день происходят открытия, на их основе создаются новые устройства и приложения, которые обладают большим потенциалом для развития науки. Следовательно, специалистам в данной области науки требуется адекватный и эквивалентный перевод. Для того чтобы лингвисты смогли работать с данными видами текста, необходимо понимание всех особенностей английской научно-технической литературы. Чаще всего переводчики прибегают к помощи специалистам, которые работают в сфере, которая затронута в тексте. В следствии мы исследуем научно-технические статьи по теме «информационные технологии». Целью работы является выявление особенностей перевода статей по теме «Информационные технологии», написанных в научно-техническом стиле.

Над проблемами научно-технического перевода трудились многие лингвисты. Одной из таких проблем являются грамматические особенности английских научно-технических текстов. В нашей работе мы исследуем не только грамматические особенности, но и лексические особенности, особенно терминологию и специальные слова.

Теоретической основой нашего исследования являются труды таких лингвистов, как Пумпянский А.Л., Комиссаров В. Н., Арнольд И.В.

В нашей работе определяются основные особенности текстов научно-технического стиля, такие как наличие терминологии и специальных слов, преобладание безличных предложений и пассивных конструкций, отсутствие эмоциональных слов. Данные особенности представляют проблемы для переводчиков, которым не знакома сфера деятельности «информационные технологии». Таким образом текст становится сухим и обладает максимальной точностью, чем и соответствует научно-техническому стилю, главной целью которого передать информацию от автора читателю.

Сфера информационных технологий является одним из самых популярных и быстроразвивающихся направлений в науке. Появление новых устройств, приложений и

инструкций к ним требуют качественный перевод для того, чтобы с ними работать. Научно-технический стиль обладает такими особенностями, которые позволяют читателю получить информацию, не отвлекаясь на ответвлённые темы.

При переводе текстов и статьей по теме «информационные технологии», выявление их особенностей поможет добиться качественного перевода оригинального текста.

The application of ESP approaches in the translation of aviation-technical texts

Марценюк Е.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Столбовская М.А.
МАИ, каф. И-06
elena.marceniuk@gmail.com

One of the most urgent problems today is the formation of a language focus in the training of a future specialist. In view of the increase in the quantitative and qualitative indicators of integration and the demand for a foreign language in the professional sector, there is a need to improve the quality of the graduates of higher education. In particular, this applies to the legal, medical, legal, and industrial and technical sectors. The graduate, according to the results of a survey of a potential employer, must have a knowledge of the language not lower than the level of "Upper-Intermediate" - a threshold advanced level of language proficiency, which accordingly imposes requirements on the quality of language teaching at the university.

Paying attention to the average level of foreign language skills of graduates of technical high schools of aviation orientation, it can be noted that according to the statistics of 2014 - 2017. Only 30% of graduates can freely express themselves in the language they are studying, 50% can read foreign literature with a dictionary, and the remaining 20% do not possess it in sufficient for use, which indicates a problem area in teaching - methodology. Unfortunately, most of the technical universities still use the classical methodology of teaching a foreign language - direct learning with the addition of grammatical translation and elements of audio - linguistics.

When formulating the requirements for the process of learning a foreign language (and therefore - drawing up a course plan), one should take into account the predicted average level of knowledge of the first-year student's language and distribute the load in such a way as to encompass professional subject areas, thereby forming the necessary professional language environment for students To the completion of training. The main methodology in this case is ESP - English for Specific Purposes. Competent formation of a specialist training program, application of various ESP approaches.

Лексические особенности английских научно-технических текстов по авиационной металлургии

Мешков Д. А.
Научный руководитель – к.ф.н. Мельдианова А.В.
МАИ, каф. И-01
denmesh05@gmail.com

Статья посвящена рассмотрению характерных особенностей терминов в области авиационной металлургии. Основное внимание уделяется процессу образования терминов, описанию их структурных и семантических черт.

Раздел металлургии включает в себя множество подгрупп. Данное исследование рассматривает две подгруппы металлургических терминов, раскрывающих технологические процессы сварочного и аддитивного (3D-печать) производств в англоязычной технической литературе.

Отличия этих подгрупп заключается не только в технических и технологических различиях, но в развитии терминологических баз. Технологические особенности обусловлены тем, что сварочное производство зародилось во время второй технологической революции, а технология 3D-печати затронула конец третей промышленной революции. Сварочная терминология в Англии и Америке была в

основном заимствована из других языков. Тогда как аддитивное производство зародилось и развилось в США, поэтому терминология создавалась и обогащалась за счёт внутренних источников. Заимствования в данном случае происходят не из других языков, а из предшествующих им научно-технических дисциплин (технологии литейного и сварочного производств, **гранульной металлургии** и т. д.).

Помимо заимствований, синтаксический способ образования терминов играет большую роль, так как в настоящее время отмечается тенденция увеличения сложных терминов, особенно в области металлургии. Поводом для подобного феномена служит неэффективность использования заимствований при развитии металлургической терминосистемы.

В целом, среди металлургических терминов по структуре наиболее частотны следующие:

16. Простые (melting, thickness, density)

17. сложные (microstructure, mock-up, post-weld)

18. термины-словосочетания, состоящие из нескольких компонентов:

– смысловая часть выражена присоединением (rapidprototyping);

– компоненты словосочетаний грамматически оформлены с помощью предлога (propertyofalloy).

В формирование новых слов в современном английском языке в области сварочного и аддитивного производств значительная роль отводится аббревиациям и сокращениям. Аббревиатуры входят в инициальный тип сокращений. В зависимости от произношения выделяются следующие подтипы аббревиатур: буквенный (AM – AdditiveManufacturing) и звуковой (HAZ – Heat-AffectedZon). Кроме того, встречаются инициально-слоговые сокращения (X-ray). Частота встречаемости сокращений в исследуемых текстах составляет 4-6%.

Таким образом, изучение авиационно-металлургических терминов в сфере сварочного и аддитивного производств позволяет выявить общие закономерности, характерные для лексической системы научно-технических текстов современного английского языка в целом.

Некоторые англоязычные термины в области биоинформатики

Мигушин Ю.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Денисова О.И.
МАИ, каф. И-01
imigushin@gmail.com

Термин «биоинформатика» впервые был введен в использование еще в 1970 г. Полиной Хогевег означая информационные процессы в биотических системах. Спустя почти полвека биоинформатика заметна развилась, обогатилась собственной терминологий и даже стала одним из наиболее развиваемых направлений во многих развитых странах мира, внеся огромный вклад в медицинские и биологические науки.

Однако несмотря на столь важное значение биоинформатики для человечества, значение, к примеру, самого главного термина в области биоинформатики, а именно самого термина «биоинформатика» остается неточным в первую очередь в связи с разностью массива значений слов, составляющих понятие любого термина, а также разности научно-технического прогресса в различных конкретных направлениях. Так, если посмотреть значение этого термина на русском и английском языках в разных словарях, то можно обнаружить не мало расхождений и неточностей, что негативно влияет на общение между специалистами. Во избежание чего, в медицине и биологии сохраняется использование единой профессиональной терминологии для специалистов всех стран – латыни.

Далее приведу несколько определений термина из разных словарей на английском языке. Так, согласно словарю Оксфорда термин «биоинформатика» (англ. «bioinformatics»), означает: «Thescienceofcollectingandanalyzingcomplexbiologicaldatasuchasgeneticcodes», что можно

перевести следующим образом: «Наука о сборе и анализе комплексных биологических данных, таких как генетический код». Это достаточно общее определение, и на своем упрощенном уровне, можно сказать, соответствует предоставляемому ресурсом glossary.ru (службой тематических толковых словарей): «наука, изучающая общие закономерности и особенности реализации информационных процессов в биосфере».

Определение из адаптированного иллюстрированного медицинского словаря Дорланда (англ. «Dorland's»): «The organization and analysis of biological undrelated information, usually involving the use of computersto develop data bases, retrievalmechanisms, and data analysis tools, especially in the fields of molecular biology, structural biology, andgenetics», что на русском языке означает: «Организация (структура) и анализ биологической и связанной информации, обычно включающей использование компьютерных технологий для разработки баз данных, механизмов извлечения и инструментов анализа данных, особенно в областях биологии, структурной биологии, генетики». В комплексной программе развития биотехнологий в РФ на период до 2020 года понятие биоинформатики по сравнению с англоязычными определениями расширено включением множества различных вычислительных методов, а не только компьютерных: «биологическая дисциплина, занимающаяся исследованием, разработкой и применением вычислительных методов (в т.ч. компьютерных) и подходов для расширения использования биологических, поведенческих или медицинских данных».

В словаре National Cancer Institute терминимеетопределение: «The science of using computers, databases, and math to organize and analyze large amounts of biological, medical, and health information. Information may come from many sources, including patient statistics, tissue specimens, genetics research, and clinical trials,» — или: «Наукаобиспользованиикомпьютеров, базданных, атакжематематикидляструктурирования (дословно «организации») ианализебольшихобъемовбиологической, медицинскойинформациииинформациииоздоровье. Информация может поступать из множества источников, включая статистику на базе данных от данных от пациентов, образцов ткани, генетических исследований, а также клинических испытаний».

Отмечу, что было установлено наличие термина только в одном электронном словаре по биологии и медицине «Большой энциклопедический словарь медицинских терминов» под редакцией профессора Э.Г. Углумбекова, где определение имеет следующее вид: «Наука, основанная на компьютерном анализе генома и продуктов его экспрессии». Определение весьма одностороннее, не затрагивающее многие области, упомянутые выше.

В русскоязычных словарях отсутствует упор на использование технологий BigData, а также выстраивание структурно организованной модели знаний в областях биоинформатики. Термин используется в научных публикациях по информационным темам, но практически не встречается в словарях, что существенно затрудняет обмен профессиональными знаниями. Отслеживание и устранение подобных разноречий - важный элемент международного научно-технического развития.

Исследование и реализация алгоритмов анализа тональности текстов на русском языке

Мирзаханян Р.М.
Научный руководитель – к.т.н., Полицына Е.В.
МАИ, каф. ПВК
robik46@mail.ru

С взрывным ростом количества и разнообразия различных социальных веб-ресурсов в сети Интернет (новостные ресурсы, форумов, блогов, социальных сетей, систем обмена мнениями, возможности добавления комментариев и сообщений и т.д.), люди и организации все чаще используют информацию, полученную из открытых источников для принятий решений, управления репутацией и т. д. У организаций помимо общественных опросов для сбора информации появился еще один мощный источник - открытые данные в сети Интернет. Однако, поиск и мониторинг мнений в сети,

обобщение этой информации остается сложной задачей из-за огромного количества различных ресурсов.

Для решения этой проблемы создаются и применяются инструменты автоматического анализа тональности текстов. Существует несколько подходов к анализу тональности текста: подход на основе правил, подход на основе использования словаря, машинное обучение с учителем. Первый подход основывается на наборе правил, которые классифицируют тональность предложения. Он дает точные результаты при наличии хорошей базы правил, но ее подготовка требует больших затрат на составление этой базы и очень сильно зависит от области применения. Подход со словарём основывается на использовании словаря статистических и лингвистических признаков. Данный метод прост в применении, но для его хорошей работы требуется постоянная поддержка и обновление словаря признаков. Машинное обучение с учителем является наиболее распространённым подходом для исследований. Суть данного подхода состоит в том, чтобы научить машинный классификатор определять тональность текста на заранее подготовленной коллекции. Для разных областей применения алгоритм является универсальным, но требуется подобранная коллекция текстов для обучения, что в данном подходе является слабым местом.

Существует множество инструментов для анализа тональности текста для различных языков, в которых реализованы те или иные подходы, но инструментов, поддерживающих работу с текстами на русском языке существенно меньше:

- Eureka Engine - сложный комплекс который включает себя инструменты для различных видов анализа текста на русском языке.
- Библиотека Pattern для языка Python, использующая правила и регулярные выражения для определения тональности текста.
- Sentimental – инструмент для определения тональности текста для русского и английского языков, который использует подход на использовании словарей.

Проведенное исследование алгоритмов и инструментов анализа тональности текстов показало, что большинство инструментов для определения тональности текста для русского языка используют метод, основанный на правилах. Кроме того, все эти инструменты являются платными, поскольку необходимо поддерживать базу данных для разных предметных областей и сфер применения. Исходя из этого, является актуальным создание нового инструмента для определения тональности текста для русского языка на основе использования метода обучения с учителем, для которого нет необходимости создавать и поддерживать базу правил.

Исследование и реализация алгоритмов анализа тональности текстов на русском языке позволит упростить мониторинг мнений о каком-либо объекте и быстрее реагировать на различные ситуации. Это даст возможность компаниям сразу принимать решение на основании полученных отзывов, улучшить обратную связь между производителем и потребителем, потребителям сократить время по поиску товаров или услуг.

Применение компьютерных технологий при изучении иностранного языка

Мохначёва А.В.
Научный руководитель – ст. преподаватель Гойкочеа М.Л.Б.
МАИ, каф. И-03
www.nastena_mohnacheva@mail.ru

В настоящее время компьютерные технологии приобрели особую значимость не только в образовательном процессе, но в любой сфере деятельности человека. Внедрение компьютера в образовательный процесс – важный элемент обучения, обеспечивающий, в определённой мере, более высокие показатели успеваемости студентов в изучении предмета.

Традиционные методы обучения давно уже отстали от современного восприятия информации. Так, практическое занятие вызывает у студента лишь пассивное восприятие

предлагаемого преподавателем материала, невнимательность к деталям и важным фактам, отвлечённость от образовательного процесса.

Использование компьютерных технологий при изучении языка делает процесс обучение легче, доступнее и понятнее для студентов. Эти кардинальные изменения выдвигают на первый план студента как такового, которому современные гаджеты предоставляют доступ к продвинутым методам обучения. Обучающиеся могут работать с необходимыми им материалами быстрее и тщательнее. Кроме того, студенты имеют к ним доступ и вне учебной аудитории, что предоставляет возможность практики и самостоятельного обучения в любом месте и в любое время.

Однако, мультимедийные технологии имеют ряд недостатков, которые мы не можем не учитывать. Так, процесс обучения должен быть продуман как с точки зрения преподавателя, так и с точки зрения программ - программа обучения должна быть последовательной и полной, а от преподавателя требуются дополнительные навыки в использовании современных компьютерных технологий. В противном случае, успех будет двойственным и неполным. Согласно международной классификации, программа должна охватывать все шесть уровней подготовки студента и рассматривать каждый уровень довольно глубоко и подробно.

Однако, стоит отметить, что благодаря современным компьютерным технологиям студенты имеют более положительное отношение к обучающему процессу и быстрее адаптируются к этому методу обучения. Это ведёт к уменьшению уровня беспокойства обучающихся по поводу постоянного оценивания его знаний и критики со стороны преподавателя, а онлайн аудио и видео ресурсы увеличивают интерес к изучению иностранного языка.

В связи с развитием инновационных технологий необходимо решить, как они должны совмещаться с традиционными методами обучения. Имея ограниченное количество аудиторных часов, необходимо разнообразить формы работы, которые обучающийся сможет выполнять вне занятий, развивая свои навыки самостоятельно с помощью программ и современных гаджетов.

Секреты глагола «hacer»

Мухина М.В.
Научный руководитель – ст. преподаватель Гойкочеа М.Л.Б.
МАИ, каф. ИО-03
mari_muhina@mail.ru

Целью настоящего доклада является провести исследование морфологических и синтаксических особенностей глагола «Hacer». Он не только может функционировать самостоятельно, со своим прямим значением "делать, творить"; но также и в качестве вспомогательного глагола. Глагол «Hacer» может участвовать в создании более чем сорока устойчивых словосочетаний. В данной статье мы рассмотрим наиболее употребляемые из этих случаев.

Этот глагол является наиболее употребляемым в испанском языке, после глагола SER. Подсчитано, что частотность употребления глагола Hacer превышает 279 000 000 раз (источник: http://hispablog.ru/?p=1303). Перевод глагола «Hacer» на русский язык не ограничивается видовой парой «делать / сделать», приблизиться к более полному пониманию значения слова поможет контекст.

Говоря о самых распространенных вариантах употребления глагола «Hacer», стоит отметить такие случаи, как общее слово в значении «делать», как часть устойчивого выражения, обозначающего какой-либо вид деятельности, также для описания и выражения погоды и времени.

Часто этот глагол используют для обозначения причины состояния или начала действия, а также для обозначения результата составления отдельных частей.

Глагол «Hacer» входит в состав огромного числа фразеологизмов, знание которых помогает глубже проникнуть в понимание испанской языковой картины мира, с их помощью можно обогатить свой лексический запас для активного использования в

речевой практике. При переводе идиом следует чаще обращаться к толковому или фразеологическому словарям, так как дословный перевод может приводить к неправильному пониманию и интерпретации текста.

Шарль де Голль и его влияние на советско-французские отношения

Никерова О.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Веденская Т.Е.
МАИ, каф. И-03
nikerova_olga@mail.ru, wedant@live.ru

Генерал Шарль де Голль (22.11.1890 — 09.11.1970) вошёл в историю Франции как военный и государственный деятель, основатель и первый президент Пятой Республики (1959—1969), по конституции которой Франция живёт сегодня. Во Вторую мировую он спас не только честь своей державы, но и её целостность. Генерал де Голль проводил в своей стране антиамериканскую политику, результатом которой стали выход Франции из НАТО, выдворение штаб-квартиры НАТО из Парижа и отказ от доллара; выступал за развитие советско-французских отношений. На генерала де Голля было совершено 31 покушение, однако он никогда не считал нужным заботиться о своей безопасности. Де Голль ушёл в отставку в апреле 1969 года в возрасте 79 лет. За восемьдесят лет своей жизни он сумел стать величайшим героем Франции, дважды возглавляя свою страну, дважды принимая руководство на пике национальной катастрофы, но оставляя государство в состоянии экономического подъёма и роста международного престижа. Шарль де Голль написал более десятка книг — теоретических трудов по военному искусству и мемуаров.

Де Голль дважды посещал СССР с визитом. Первый раз во время второй мировой войны, второй — двадцать лет спустя в разгар холодной войны. Во время первого визита (10.12.1944) между СССР и Францией в Кремле был подписан советско-французский договор «О союзе и военной помощи» сроком на 20 лет с возможностью его продления.

Во время второго визита в СССР (**30.06.1966**) была утверждена программа расширения советско-французских отношений в политике, экономике и культуре; подписаны декларация о европейской безопасности и укреплении мира во всём мире и соглашение о сотрудничестве в области изучения и использования космического пространства в мирных целях. В настоящее время данное соглашение распространено на космическую биологию, медицину, материаловедение.

Совместные космические исследования внесли вклад в мировую науку: были получены важные данные по астрофизике и физике космической плазмы, приобретены новые знания о планетах и малых телах Солнечной системы.

Советско-французская встреча 1966 года с течением времени не теряет своей значимости. За время с 1966 по 1980 год состоялось десять встреч руководителей СССР и Франции. И каждая из них была продолжением и развитием того, что было начато в 1966 году. Сегодня французские учёные также принимают активное участие во многих российских проектах. Например, в изучении магнитосферы Земли, в разработке ключевых космических технологий (двигательных установок, систем управления, стартовых комплексов, экологически безопасной системы запусков, выполнения транспортных операций в космосе, обслуживания космических аппаратов и орбитальных станций), в сфере непилотируемой космонавтики. В июне 2016 года Россия и Франция отметили 50-летие исторического визита Шарля де Голля в Москву.

В настоящее время на российскую космическую отрасль влияет экономическая и политическая коньюктура последних лет.

Но политика не должна влиять на космические проекты. Они служат для укрепления дружбы и сотрудничества, а не для того, чтобы земные споры выносить в космос. Ведь именно такое рациональное отношение к развитию отрасли и побудило в неспокойные шестидесятые годы Россию и Францию начать своё плодотворное сотрудничество.

Функционирование англоязычных терминов в специализированном тексте

Островский А.Г.
Научный руководитель – к.ф.н. Денисова О.И.
МАИ, каф. И-01
ostrovskiyandrew@gmail.com

В современном быстро развивающимся мире специалисты часто приходится сталкивать с текстами определенных тематик. В таких текстах используются слова и выражения, которые могут быть непонятны простому обывателю. Такие слова и выражения называются терминами. Для полного понимания текста необходимо научится распознавать термины и правильно осознавать их значения.

В своей профессиональной деятельности специалисты часто приходится коммуницировать с другими специалистами. Такой вид коммуницирования называется корпоративная коммуникация. Именно такой вид общения помогает развитию использования терминов в различных сферах. В рассматриваемой мной сфере бизнес IT письменная коммуникация играет важнейшую роль. При осуществлении письменной коммуникации грамматические и стилистические особенности текстов определяются целями коммуникации, на основе которых вырабатываются стратегии, используемые авторами при написании текстов. Важное место в стратегии, которую использует автор, занимают термины. Неправильное использование терминов может привести к затруднениям коммуникативных процессов в данной сфере. Ведь именно термины являются единицами языкового и профессионального знания, обеспечивающими эффективность корпоративной коммуникации.

В работе проведено исследование функционирования терминов в тексте сферы бизнес IT. Был выбран текст на английском языке с сайта, на котором содержатся сотни ежедневных статей уважаемых рецензентов, журналистов и членов сообщества. Целью исследования являлось рассмотрение функционирования терминов в тексте сферы бизнес IT, рассмотрение особенностей использования терминов в зависимости от тематики текста.

Обладая сложной внутренней семантической структурой, термин является единой, самостоятельной единицей наименования. Термины отличаются от других разрядов слов своей огромной информационной насыщенностью. В терминах содержится наиболее точное, концентрированное и экономное определение понятия. Самое главное требование, которое предъявляется к терминам это однозначность. Один и тот же термин может входить в разные терминологии языка, что представляет собой терминологическую омонимию.

В работе присутствует значительное количество различных терминов, которые используются в текстах сферы бизнес IT. Полным пониманием данных терминов обладают специалисты с соответствующими научными и производственными реалиями, то есть макроконтекстом. Поэтому в отличие от обычных слов, однозначность которых обеспечивается ситуацией или лингвистическим контекстом, однозначность термина регламентируется экстралингвистическим макроконтекстом или лингвистическим микроконтекстом.

Неправильное понимание терминов может повлечь за собой полное неосмысление текста. Поэтому очень важно распознавать термины в текстах и правильно их понимать. Правильное понимание терминов в тексте сферы бизнес IT позволяет точно и однозначно уяснить смысл текста. Использование терминов играет решающую роль при написании текстов сферы бизнес IT. Ведь именно их правильное использование гарантирует понимание смысла текста и задумки автора всеми специалистами, которые ознакомятся с текстом.

Типы одно-и-многокомпонентных терминов в англоязычной терминосистеме киберфизики

Полищук С.Д.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Денисова О.И.
МАИ, каф. И-01
polischouckserg@yandex.ru

В течение последних нескольких десятилетий достижения в вычислениях и коммуникациях были настолько значительны, что различные объекты, оборудованные встроенными вычислителями, могут взаимодействовать друг с другом, измерять параметры окружающей среды и адаптироваться к ней, делая взаимодействие между компьютером и человеком значительно проще.

Необходимость следить за физическими процессами и иметь возможность контролировать их в промышленной системе практически откуда угодно, становится важной задачей. Поэтому, множество исследований нацелено на изучение такого понятия как Cyber-Physical Systems (CPS).

CPS являются следующим поколением инженерных систем, которые требуют тесной интеграции вычислений, коммуникаций и контроля технологического процесса для достижения стабильности, производительности, надежности, отказоустойчивости и эффективности для физических систем в различных отраслях.

Промышленная автоматизированная система является кибер-физической в следующем случае: она состоит из физического завода, выполняющего физические процессы, и распределенной сети встроенных компьютеров, которые выполняют вычислительные процессы для наблюдения и контроля физических. Вычислительные процессы составляют цифровую часть системы, они принимают входные сигналы от физических процессов и рассчитывают выходные сигналы, необходимые для того, чтобы воздействовать на физические процессы, корректируя работу всей промышленной системы.

Если соединить вычислительные приборы и сенсоры (которые ответственны за сбор информации из физического мира, как источника входных данных для CPS) с некоторой системой, принимающей решения в реальном времени. В таком случае, CPS, имея входные данные от сенсоров, будет принимать решения, основанные на вычислениях, и осуществлять управляющее воздействие на физических процессы, через актуаторы. Это позволит добиться высокой надежности и точности, которая присуща CPS.

Таким образом, CPS порождает большое количество данных. Используя эти данные можно создать цифровую копию (Digital Twin) промышленного предприятия, которая будет хранить историю всех физических процессов. Это позволит производить детальный анализ всех параметров предприятия.

Собранные данные можно использовать и другим образом, например, для визуализации работы предприятия в реальном времени. А также для отображения контекстной информации с помощью технологий дополненной реальности (AugmentedReality, AR). Это значительно ускорит процесс технического обслуживания и ремонта.

CPS сделают промышленность более компьютеризированной и вместе с тем дадут значительный прирост к эффективности, а также значительно упростят человеко-машинное взаимодействие.

Разработка метода разрешения неоднозначностей при семантико-синтаксическом анализе текста на естественном языке

Поречный А. С.
Научный руководитель – к.т.н. Полицына Е.В.
МАИ, каф. ПВК
alex.porechny@mail.ru

Одним из привычных для человека способов управления является естественный язык (ЕЯ). И закономерным шагом является стремление создать ЕЯ-интерфейс, но для его полноценной реализации требуется понимание законов и тонкостей использования ЕЯ в процессе взаимодействия между людьми. Одно из направлений, исследующих язык, является обработка ЕЯ(NaturalLanguageProcessing, NLP).

NLP ставит перед собой задачу исследования и разработки методов и систем, обеспечивающих реализацию процесса общения человека с устройством на ЕЯ. При решении задачи NLP применяются различные методы, которые принято разделять на несколько этапов анализа: *графематический, морфологический, синтаксический, семантический (семантико-синтаксический), прагматический*. Среди них семантико-синтаксический и прагматический анализ остаются окончательно нерешенными задачами из-за сложности определения «смысловой» части предложений, «понимания текста», при этом анализ осложняет наличие неоднозначностей в ЕЯ-тексте, связанных с многозначностью слов, омонимией, омографией и т.д.

Зачастую невозможно определить «смысл» неоднозначного слова без контекста, но при этом и сам контекст может быть неизвестен. Например, без контекста невозможно определить, слово «уж» - это существительное «змея» или же частица.

Для решения данной проблемы разрабатываются разные подходы, некоторые из них основываются на статистике, т.е. при встрече неоднозначного слова берется каждый возможный «смысл» данного слова и комбинируется с остальными членами предложения. После чего собирается статистика употребления слова и по ней выявляется наиболее возможный его «смысл» в данном тексте. Данный подход неудобен: во-первых, тем, что генерируется множество вариантов интерпретации предложения, количество которых возрастает экспоненциально в зависимости от количества неоднозначных слов в нем, во-вторых, высока вероятность получить неоднозначный или неверный ответ, что особенно проявляется при анализе небольших текстов.

В результате исследований было выявлено, что сочетания слов схожих классов имеют схожую структуру связей, и то, что в предложениях велика вероятность встретить слова или словоформы с однозначным значением и с однозначными морфологическими характеристиками, причем, чем длиннее предложение, тем больше вероятность появления таких слов или словоформ.

Основываясь на этих двух умозаключениях можно добавить фильтр к существующим подходам. Смысл фильтра заключается в том, что на основе однозначных слов и словоформ с однозначными морфологическими характеристиками определяется структура возможных связей между ними и неоднозначными словами. Далее основываясь на полученной структуре связи выбирается подходящая ей значение неоднозначного слова. В итоге среди всех возможных вариантов с большой вероятностью однозначно определяется «смысл» такого неоднозначного слова. Таким образом без применения статистических методов удается определить значение большинства неоднозначных слов, что значительно упрощает построение синтаксической структуры предложения и выделение его «смысловой» части.

Реализация предлагаемого метода разрешения неоднозначностей при семантико-синтаксическом анализе текста на естественном языке позволяет более точно и правильно определять смысл текста, а также способствует развитию методов семантического анализа текста и приближает создание ЕЯ-интерфейса взаимодействия между компьютером и человеком.

Исследование и реализация алгоритмов выделения ключевых словосочетаний в тексте на русском языке

Пряженцева А.А.
Научный руководитель – к.т.н. Полицына Е.В.
МАИ, каф. ПВК
elis94@yandex.ru

На сегодняшний день все больше возникает проблем с анализом и обработкой больших объемов поступающей информации, выраженной в большинстве случаев в текстовом формате. Такой резкий скачок объема текстов обусловлен в первую очередь с созданием ЭВМ, ПЭВМ, сети Интернет и развитием вычислительной техники в целом.

Содержание и смысл самого текста может быть самым разнообразным: от научных статей и художественных произведений и заканчивая полученными отчетными данными с различных сложных устройств. Но, несмотря на то, что существует такое разнообразие видов текстовых данных, необходимо решить ряд общих проблем, связанных с анализом и обработкой содержательной части текста. Возникает необходимость создания средств для работы с постоянно нарастающим потоком информации для решения таких задач, как поиск, классификация, кластеризация, извлечение и хранение информации, создание рефератов и аннотаций, индексирование, определение авторства, выявление плагиата и многое другое, каждая из которых включает в себя решение еще множества отдельных задач анализа текста. Например, если подробнее рассматривать проблему классификации текстов, то появляются следующие подзадачи: развертывание сокращений в словарных статьях, выделение адресов, именованных сущностей и т.д.

Одной из центральных задач компьютерной лингвистики является задача выделения ключевой информации из текста для получения его краткого содержания, отнесения к какой-либо предметной области, поиска и т.д. Такая информация может быть представлена ключевыми словами, словосочетаниями, предложениями.

Как правило, для выделения главной мысли текста используются алгоритмы и методы нахождения ключевых слов, которые используют разные подходы, большей частью отработанные для европейских языков (английского, немецкого, испанского). Большинство подходов ориентированы на то, что основная единица смысла — это слово, но чаще смысл понятий передается словосочетаниями.

Выделение словосочетаний и выражаемых ими понятий в тексте — отдельная большая задача в компьютерной лингвистике. На основе синтаксического и синтактико-семантического анализа эта задача с определенной долей успеха решается.

Исходя из этого, актуальным является исследование существующих алгоритмов выделения ключевых слов для разных языков, основанных на разных подходах: статистическом, лингвистическом, комбинированном, - и на основании полученных результатов расширить существующие и разработать новые алгоритмы выделения ключевых словосочетаний и предложений.

Реализация алгоритмов выделения ключевых словосочетаний даст возможность использовать их при решении задачи классификации и выделения ключевых предложений для получения сокращенные вариантов текста: аннотаций и рефератов. Все это позволит упростить работу с большим объемом текстовых данных, используя созданные инструменты в различных программных системах.

SpaceX - абсолютная цель: жизнь на других планетах (SpaceX - ultimate goal to live on other planets)

Сдобнов В.М.
Научный руководитель – ст. преподаватель Абрамова О.В.
МАИ, каф. И-05
sdobnov.vasgen@yandex.ru

Эта статья о миссии SpaceX: путешествие по Солнечной системе в котором главной целью является Марс. SpaceX разрабатывает, производит и выпускает современные

ракеты и космические корабли - технологии, которые помогут нам освоить другие планеты Солнечной системы. Конечной целью SpaceX является "сделать жизнь межпланетной", поэтому планы компании по созданию корабля многоразового использования для полетов на Марс будут значительно способствовать её реализации.

Interplanetary Transport System is a project of aerospace company SpaceX aimed at the creation of a reusable "space vehicle" to deliver people and cargo to Mars. It was presented by Elon Musk, the Chief Executive Officer of the above-mentioned organization. This project aroused inevitable great interest. According to their calculations, the system will be able to reach Mars in about 80 days.

The main constructive parts of the system are a fully recoverable carrier rocket, an actual interplanetary spacecraft to bring payloads and settlers to Mars and back to Earth, as well as a tanker ship for refueling the spaceship in Earth orbit.

ITS is a two-stage reusable system, in which the second stage is combined either with a spacecraft or a refueling tanker. Each element of the system uses vacuum and atmospheric versions of oxygen-methane engines "Raptor" that are being developed by SpaceX. For the colonization of Mars, which is considered to be the best candidate for it, 6 launches are required. The first will deliver people, the remaining five - tankers with propellant, which will be pumped into the tanks of the first ship before it sets off for its long journey to the Red Planet. In general, the main principles the system is supposed to comply with are full reusability, refueling in orbit, propellant production on Mars and propellant of the right quality.

Систематизация и визуализация результатов статистической обработки текстов на русском языке

Седова Е.В.
Научный руководитель – к.т.н. Полицына Е.В.
МАИ, каф. ПВК
Sedova_Elena@outlook.com

Текстовая информация является самой распространенной в мире, а использование статистических методов для обработки текста является наиболее разработанным направлением. Еще в начале XX века статистика по разным характеристикам текстов собиралась вручную, например, построение частотных словарей (обычно одноязычные, в котором слова расположены в порядке частоты встречаемости в речи или корпусе тестов), конкордансов (словарей словосочетаний, в котором каждое слово приводится с минимальным контекстом) и т.п.

С появлением и развитием средств вычислительной техники начинает приобретать самостоятельное значение компьютерный анализ текста, его цель – автоматически выявить закономерности, характеризующие текст, сделать выводы, на основании полученных результатов, например, об авторстве текста, о языке, на котором написан текст, отдельных элементах текста и т.д.

Открытая система автоматизированной обработки текста содержит набор инструментов статистической, лингвистической и аналитической обработки, имеет графический интерфейс для доступа пользователей к инструментам обработки текста и выделенному для них файловому пространству для накопления результатов и сценариев анализа. Кроме того, система имеет программный интерфейс (Application Programming Interface, API) для доступа других приложений к инструментам системы и получению результатов обработки. Портал «Автоматизированный анализ текста» является одной из составляющих частей комплекса инструментов, он предназначен для представления информации о компьютерной лингвистике, накопления и обмена информацией. На нём представленыобзоры существующих систем и технологий автоматизированного анализа текстов, результаты исследований в области компьютерной лингвистики коллектива кафедры «Проектирование вычислительных комплексов», созданные инструменты обработки, предоставляются сервисы анализа и классификации текстов.

Открытая система автоматизированной обработки текста позволяет не только производить разные виды статистической обработки текста, но и содержит инструменты

для накопления общей статистики по разным видам структур, извлекаемых из текстов при их анализе. Различные виды статистической информации по большим корпусам текстов и языку в целом также являются объектом изучения, поэтому актуальным является расширение средств системы в области накопления и обобщения результатов обработки и их представления на портале, как в наглядной графической форме (таблицы, графики, диаграммы) для анализа человеком, так и в виде текстовых данных для компьютерной обработки.

Систематизация результатов статистической обработки текстов путем обобщения данных, накапливаемых в открытой системе автоматизированного анализа текстов, и их визуальное представление в соответствующем разделе портала «Автоматизированный анализ текста» и расширение API открытой системы автоматизированной обработки текста позволит обеспечить доступность статистических данных для использования в различных исследованиях и их автоматическое обновление с учетом изменений накопленных данных в системе.

How to gain solar energy for mankind directly from space
(Как добывать солнечную энергию для человечества непосредственно из космоса)

Семавина Н.А., Черданцева Е.Д.
Научный руководитель – ст. преподаватель Абрамова О.В.
МАИ, каф. И-05
inatasha1803@mail.ru, ched2012@icloud.com

Аннотация: Данная статья посвящена проблеме современной и экологической добычи энергии для человечества. Эта работа рассматривает такой способ, как получение солнечной энергии непосредственно из космоса. Именно этот способ является самым выгодным. Человечество и раньше пользовалось солнечной энергией, но в статье рассматривается совершенно новый уникальный метод, который перевернет обычное представление о добыче энергии.

Ключевые слова: экологическое решение, солнечная энергия, зеркало, лазер, преобразование энергии, развертывание солнечных батарей

Abstract: This article is devoted to the problem of ecological and up to date gaining of energy for the mankind. This paper deals with such technique as obtaining the solar energy directly from space. Mainly, this method is considered to be very useful. The mankind used the solar energy earlier before, but this article discusses absolutely the new unique method, that will make the breakthrough in gaining the energy.

Key words: ecological solution, solar-energy, mirror, laser, power-conversion, solar panels deployment

Nowadays, the experts forecast that world energy expenditure will grow approximately 50 percent between 2012 and 2040.For over half a decade, researchers have dreamed of ways for solar batteries to take action to reduce this, and have come up with some solutions.

Space solar power has started slowly, but the technology may finally assemble popularity in the next few years. From the beginning, solar power has had some limitations as a renewable energy: it may be used only during the daylight. This has bounded the areas where these batteries can be effectively used for. And the atmosphere itself consume a part of energy of the Sun beaming cutting back the majority of solar energy.

Space-based solar panels works continuously. It means that panels would not be limited by clouds, the atmosphere, or our night cycle. And because of that there would be no reason to store the energy for later use. That process would be so resource intensive and might cost up to 50 percent of the stored energy. An efficient, renewable source of energy with a small carbon footprint and particularly no waste.

Now we have all the basic science necessary to design and deploy space-based solar panels, said proponents of this energy strategy. On the other hand, it seems the upfront costs are too high.

Over time, technologies become more efficient. A few years later wind and solar got an opportunity to be used on a par with carbon-based alternatives. There is the similar potential here.

Such countries as Japan and China see promise in this strategy. They have plans for launching their own space solar stations in the next future.

Speaking about the problem concerning the paper, we would like to attract your attention to the fact that there are a lot of people who are interested in these ideas. But the main problem is the cost of this project, and it means that we can't use it in nearest future.

Гражданская авиация и пути решения проблемы воздушных вихрей (по материалам немецких сайтов)

Селезнёва Т.С.
Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Веденская Т.Е.
МАИ, каф. И-03
spiridon.haritonoff@yandex.ru

Одним из самых актуальных направлений в авиации является развитие технологий для борьбы с так называемыми вихревыми дорожками, которые возникают за каждым летящим самолётом.

Вихревые дорожки образуются из-за разницы давлений под крылом и над крылом самолёта. Они опасны прежде всего для самолётов, следующих позади самолёта, создающего эти дорожки. Примером пагубного влияния вихревых дорожек является катастрофа AirbusA 300-600 Американских авиалиний, произошедшая 12 ноября 2001 года в Нью-Йорке. Причиной трагедии были признаны ошибочные рулевые действия второго пилота, среагировавшего таким образом на турбулентность, которой подвергся самолёт при прохождении вихревых дорожек, оставшихся после, незадолго до этого стартовавшего, Boeing 747.

Местоположение вихревых дорожек зачастую трудно определить, а это может привести к серьёзным последствиям. В настоящее время учёные занимаются созданием специальных систем, способных справиться с этой задачей.

С 2012 года Германский центр авиации и космонавтики (DLR) разрабатывает «Систему консультирования и облёта вихревых зон» (WEAA) в рамках проектов «Воздушный транспорт с модернизированной метеосистемой» (WOLV) и «Наземные и бортовые системы прогнозирования вихревых зон» (L-bows). Эта технология прогнозирует появление вихревых дорожек на траектории полёта на основе данных о местоположении впереди летящего самолёта. В процессе работы она определяет и по возможности предлагает подходящий обходной маневр или по мере необходимости выполняет его автоматически.

Для проверки WEAA были задействованы два испытательных самолёта Германского центра авиации и космонавтики – DassaultFalcon 20E и AirbusA320.

С помощью разработанной системы на борт А320 (ATRA) поступала точная информация о местоположении и скорости летящего впереди Falcon. По этим данным компьютер вычислял, где в воздушном пространстве находятся не отмеченные конденсационными следами, невидимые вихревые дорожки. Вычисления производились с учётом погодных условий. Пилоты видели этот прогноз на экране.

Результаты лётных испытаний были обнадеживающими. Если в течение нескольких секунд в ближайшей зоне предстоял контакт с вихревой дорожкой, то «Система консультирования и облёта вихревых дорожек» (WEAA) предоставляла уже готовый прогноз.

Точность прогноза можно было бы увеличить, если бы имелась дополнительная информация о летящем впереди самолёте. Так, к примеру, интенсивность вихревой дорожки зависит в значительной степени не только от веса летательного аппарата, но также и от положения закрылков.

До сих пор Германскому центру авиации и космонавтики приходится прибегать к базам данных, чтобы, по крайней мере приблизительно, знать технические

характеристики модели самолёта. Многие ученые надеются, что в будущем через «Систему автоматического зависимого наблюдения в режиме радиовещания» (ADS-B-System) информация будет поступать не только о модели самолёта, его номере, местонахождении, скорости, высоте полёта и спланированном маршруте, но и о его массе и положении закрылков в данный момент, что в значительной степени облегчит обнаружение вихревых дорожек.

Радиообмен в авиации: особенности диалога пилотов

Смирнова Е.И.
Научный руководитель – ст. преподаватель Сельвесюк Н.Л.
МАИ, каф. И-03
lenasm2712@mail.ru

Язык радиообмена очень важен в авиации, поскольку он позволяет контролировать состояние воздушного судна в течение полета. Для того чтобы получать и сообщать информацию был создан специальный язык.

Радиообмен – это дистанционное, опосредованное техническими каналами диалогическое общение, которое можно рассматривать как информационно-руководящее, так как, с одной стороны, происходит обмен полетной информацией, а с другой – эта информация является средством воздействия на собеседника с целью руководства его деятельностью.

Так как связь ведется по радио, особые требования предъявляются к таким средствам коммуникации, как тон, темп речи, ее интенсивность, логическое ударение, паузировка. Обмен репликами происходит в порядке чередования. Прерывание как способ смены говорящего в диалогах радиообмена не зафиксирован. Кроме логической и интонационной завершенности высказывания, сигналами смены реплик, либо завершения контакта выступают определенные сигнальные слова или словосочетания. К таким сигналам относятся: а) позывной самолета в реплике пилота; б) слова, имеющие в подъязыке радиообмена значение завершения высказывания. В английских диалогах – out; over; break break; в русских диалогах: конец (связи); в) фразы, имеющие значение передачи слова слушающему (только в английских диалогах).

Документ ИКАО 4444 регламентирует стандартную фразеологию, которая характеризуется специфическим, ограниченным словарным запасом, где каждое слово имеет однозначное и конкретное значение, которое относится к авиационной тематике. Использование большого количества терминов и аббревиатур в языке радиообмена объясняется тем, что термины являются наиболее информативными единицами текста и обеспечивают фиксацию весьма значительного объема информации. Остальная авиационная лексика представлена, в целом, обычными словами литературного языка без каких-либо изменений смысла и значения этих слов.

Фонетика авиационного английского отличается от обычного литературного или разговорного языков. При ведении радиообмена должна обеспечиваться максимальная четкость и ясность. Ввиду того, что некоторые звуки в эфире радиосвязи были бы не ясны, некоторые слова претерпели изменения, например, 1000 - thousand - таузэнд.

Поскольку коммуникация в ходе радиообмена ограничена во времени, а также должна носить недвусмысленный характер, возникают некоторые особенности: использование повелительного наклонения, отсутствие вопросительных конструкций в их классическом виде, опускание вспомогательных и модальных глаголов при построении фраз (за исключением глаголов able и unable).

Учитывая важность и своеобразие языка радиообмена, обучение ведется на специальных курсах. Курс авиационного английского языка включает в себя различные темы: грамматика, общий английский язык, радиообмен, сокращения, фразеология, оборудование, навигация, метеорология, планирование полётов, управление воздушным движением и завершающий экзамен. Для определения уровня профессионального владения авиационным английским языком применяется тест RELTA или TELLCAP.

Подводя итог, хотелось бы отметить, что радиообмен в авиации организован так, чтобы обеспечить четкость, ясность и краткость передаваемой информации. Вследствие чего язык радиообмена отличается от обычного разговорного языка. Цель и содержание фразеологии радиообмена заключается в упрощении и повышении эффективности процесса коммуникации, которая является важной составляющей безопасного выполнения полета.

Способы перевода английской авиационной терминологии

Творогова А.М.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Лысенко С.В.
МАИ, каф. И-02
annetflaum@mail.ru

Терминология каждой области знания строится на основе понятийных связей профессиональных знаний. Терминология как систематический набор терминов, таким образом, ограничивает и закрепляет систему понятий той или иной области знания.

Авиационная лексика английского языка формируется за счет терминов, профессионализмов и жаргонизмов. Термины употребляются в устной и письменной речи официально-делового стиля общения для достижения большей точности речи. Существенную часть специальной лексики авиации в немецком языке составляют слова из мореплавания, кораблестроения, военного дела, физики и кибернетики.

Выделяют следующие виды трансформаций английских авиационных текстов, такие как грамматические, лексические и лексико-грамматические. В свою очередь в каждом виде этих трансформаций можно обозначить упомянутые ниже способы перевода:

1. Грамматические трансформации:
- дословный перевод(синтаксическое уподобление)
- членение предложения;
- объединение предложений;
- грамматические замены (транспозиция).

2. Лексические трансформации:
- транскрипция и транслитерация;
- конкретизация;
- генерализация;
- модуляция (смысловое развитие);
- калькирование.

3. Лексико-грамматические трансформации:
- антонимический перевод;
- описательный перевод;
- компенсация.

В настоящее время авиация и космонавтика продолжает наращивать свою производственную мощь. Тема перевода английских авиационных терминов всегда будет являться актуальной, поскольку, термины являются неотъемлемой частью этой отрасли, а английский язык – универсальным языком общения. С течением времени будет появляться всё больше и больше новых терминов в связи с развитием науки и техники.

GLONASS satellite navigation system, its application for military and peaceful purposes

Терехин Р.И
Научный руководитель – ст. преподаватель Мусина Е.Д.
МАИ, каф. И-06
roman.terehin.94@mail.ru

Satellite navigation system is a system that uses satellites for autonomous geo poisoning. If it provides global coverage, it can be named global navigation system. Nowadays there are two operating global navigation systems GPS and GLONASS. GLONASS consists of a ground-

based complex of control systems and constellation of space satellites. It is used both by the government to solve problems of targeting and tracking targets, and for peaceful purposes.

The task of creating a satellite guidance system was set up in the USSR. For 1993, the grouping comprised 12 satellites, fully deployed in 1995. Later, some of the satellites were decommissioned. Since 2001, the system has been upgraded. The last satellite to date has been put into orbit in 2016.

Now GLONASS consists of 24 satellites located in the middle circular orbit at an altitude of 19,100 kilometers with a 64.8 degree inclination and a period of 11 hours and 15 minutes, 8 per each orbital plane. 18 of them provide reception of a signal on the territory of Russia. Such an orbit provides a good signal in high latitudes (north or south) where the GPS signal is not always well received. The ground part consists of a control center, telemetry and control centers, and control and measurement stations. The accuracy of the location is 2.8 meters and to achieve it the receiver must be in the range of 4 satellites.

For military purposes, the GLONASS system is used primarily to improve the accuracy of missile guidance. With it many different types of vehicles are also equipped, from trucks to armored vehicles. In them, it serves to determine the position, preserve the route and maintain communication.

For peaceful purposes, GLONASS is used in navigation, satellite communications, for geodetic purposes to search for minerals, tracking, for meteorological research. Currently, the Era-GLONASS system is being developed, the purpose of which is to send a message indicating the coordinates of emergency services in the event of an accident.

Until 2020, the system is planned to be upgraded. Part of the aging satellites will be replaced by new ones, and the total will be brought to 30. In addition, the number of transmitted signals will be increased. This will increase the reliability of the system and its availability in hard-to-reach regions.

In the information age, the most important resource is information. And the availability of a complex that allows obtaining up to date information about the location of the object, its speed and direction of movement is extremely important in almost every field of activity. The availability of its own satellite navigation system is extremely important for the Russian Federation; its availability makes it possible to ensure national security and sovereignty.

The danger of the solar wind exposure to Earth's inhabitants
(Опасность воздействия солнечных ветров на жителей Земли)

Тимофеева Ю.С.
Научный руководитель – ст. преподаватель Абрамова О.В.
МАИ, каф. И-05
julia061097@gmail.com

What is the solar wind? We know that it is a stream of ionized hydrogen plasma, flowing from the solar corona - the outer layer of the Sun's atmosphere, the temperature of which exceeds the temperature of the surface of the Sun in 100 times. Why the temperature of the Sun’s atmosphere is higher than the temperature of the Sun itself? Why is solar wind originates in the upper atmosphere, how it influences on Earth’s inhabitants and whether this influence is dangerous?

Due to the lack of research, little is known about influence on near-Earth orbit, space technology and Earth’s inhabitants. It is stated that Earth's magnetic field interacts with the solar, deforms and prevents charged particles from reaching the Earth’s surface. Sun flashes and coronal mass ejections stimulate the solar wind and create a shock wave that reaches Earth and ruins the balance between Earth and Sun magnetic field and this causes magnificent effect, known as the aurora borealis. But if the material carried by the solar wind reached a planet's surface, its radiation would do severe damage to satellites, spacecraft, space stations and any life that might exist on Earth.

To foresee the development of dangerous situation it is necessary to study the phenomenon of the solar wind. Engineers should design a spacecraft that can literally «touch»

the Sun and obtain the necessary data. And in 2018, NASA plans to launch the Solar Probe Plus, which will approach the scorching star at 6 million km.

If all goes as planned, the Solar Probe Plus will be the closest that a human-made object has ever made it to the Sun. And it will allow to learn more about the solar corona, solar wind and its influence on Earth's inhabitants.

Способы перевода англоязычного юмора на русский язык

Тиссен А.В.
Научный руководитель – к.п.н. Журбенко Н.Л.
МАИ, каф. ИЯ
stay.scherling@rambler.ru

Молодой специалист лингвист-переводчик, покидающий стены образовательного учреждения, должен быть готов к работе с текстами любого жанра и любого уровня сложности. Очевидно, что при естественном отсутствии практического опыта, в арсенале начинающего переводчика должны быть стратегии решения переводческих проблем. Одной из таких проблем является перевод юмора.

Юмор встречается в текстах разных функциональных стилей. Существуют различные формы юмора: ирония, пародия, сатира, анекдот, шутка, каламбур. Перевод юмора – одна из наиболее тяжелых задач, так как необходимо передать не только общий смысл, но и заставить реципиента засмеяться. Поиск способов перевода английского юмора на русский язык, теоретизация и классификация этих способов, то есть создание стратегии перевода - являются актуальными и востребованными для молодых специалистов.

Одним из видов юмора является каламбур (игра слов, парономазия). На примере каламбура в нашем исследовании мы хотим показать стратегию перевода английского юмора на русский язык. Редко удаётся перевести игру слов, в точности сохраняя как содержание, так и форму. Перевод каламбура требует учёта как содержательных, так и контекстуальных характеристик текста, психологических факторов. Основными известными способами передачи юмора в переводе являются: описательный перевод, уподобляющий перевод (поиск наиболее близких понятий в языке перевода), калькирование (буквальный перевод, подстрочник), транскрипция, контекстуальный перевод, добавление (расширение исходных единиц), опущение и генерализация.

Основой для перевода каламбура может служить семантика обоих элементов ядра каламбура, семантика одного элемента и достраивание другого, создание новых образов для передачи той же идеи, либо передача смысла в ущерб каламбурной форме. В последнем случае, нужный эффект может восстанавливаться за счёт других стилистических средств организации высказывания. В качестве компенсации в случае, когда приём сохранить не удаётся, может использоваться, например, рифма или аллитерация.

*«Correction: we rented a boat. I may be rich, but buying a boat would be going a bit… overboard».«Поправочка: мы арендовали лодку. Я может и богат, но покупка лодки… оставит меня за бортом».*В оригинальной фразе нет уточнения, как покупка отразится на материальном состоянии героя, говорящий лишь оценивает действие как излишнее, однако ради сохранения каламбура допустима некоторая подмена понятий.

Как правило, решающим моментом при выборе стратегии перевода является юмористическая или неюмористическая направленность целого текста. В неюмористическом тексте каламбур может выступать как одно из экспрессивных средств, которое может быть опущено или подменено другим экспрессивным средством при невозможности точной его передачи. В юмористическом тексте, особенно таком, центральной частью которого является сам каламбур, возможно отхождение от конкретных использованных образов ради сохранения юмористического эффекта и формы каламбура.

The brightest binary star system opens new advantages for humanity (Самая яркая бинарная звездная система открывает новые возможности для человечества)

Феклистов В.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Абрамова О.В.
МАИ, каф.И-05

Double-star systems are infrequent and consist of a black hole or a neutron star. It is the first gamma-ray binary found outside the Milky Way. I think scientists appreciate these systems because of their regular and intense character. It allows getting more information of the processes taking place in other galaxy.

The brightest known binary-star system was discovered in the Large Magellanic Cloud by NASA's Fermi Gamma-ray Space Telescope. Such systems are rare and have intense gamma-rays which make them appreciated.

The binary-star system is called LMC P3 and includes the active and neutron star. The active star is likely 25 to 40 times the sun's mass and the neutron star is twice as massive as the sun. In 2012 The X-ray source was spotted using NASA's X-ray Observatory and in 2015 it was discovered source that changes every 10.3 days. Double-star's brightest X-ray emissions are at a maximum when the gamma-rays are at a minimum, and vice versa. Created by a neutron star, the "wind" of electrons accelerates to the speed of light and promotes the generation of X-rays and radio waves. The "wind" also creates gamma-rays, when light from the star crashes into the electrons.

There are still many unexplored things and mysteries in our world. The detection of gamma particles in another galaxy, before we find more of them in our own galaxy is a huge surprise. Perhaps the gamma-ray binaries are rare cases in the formation of a neutron star with an exceptionally rapid spin. It would enhance the production of accelerated particles and gamma-rays.

Нейронный машинный перевод текстов авиационной тематики

Фролов А.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Лысенко С.В.
МАИ, каф. И-02
trikger1@gmail.com

Для авиационной индустрии характерен огромный объем текстовой информации на различных языках мира – от деловой переписки сотрудников до технической документации, инструкций и предписаний. Её своевременное понимание и использование является ключевым фактором для дальнейшего развития индустрии. Однако количество профессиональных переводчиков ограничено, из-за чего всё чаще используются программы машинного перевода.

Машинный перевод представляет собой один из самых быстрых способов перевода текстов одного языка на другой. До недавнего времени такие программы использовали лишь два алгоритма – основанный на правилах (т.н. rule-based) и статистический (т.н. statistical-based), ни один из которых не мог достичь уровня профессионального переводчика-человека. Помимо высокой ресурсо затратности, обе эти модели крайне трудно адаптировать для работы с синтаксически-сложными и богатыми лексически языками – в т.ч. и русскому. Но за последние несколько лет огромное распространение получили т.н. "нейронные сети" (программное воплощение особых математических моделей, по своей структуре напоминающих сети нервных клеток живых организмов), положившие начало новому алгоритму - нейронному машинному переводу.

Нейронный машинный перевод облает тремя основными отличиями от предыдущих моделей.

Первое – возможность учета при переводе не только типичного значения фразы, но и её контекста, что достигается благодаря использованию особой системы переводческой памяти. Каждый вариант перевода, содержащийся в ней, обладает определенным «весом»

- числовым значением, которое формируется на основе множества факторов – правил языка, типа и тематики текста, других членов предложения, знаков препинаний.

Второе значимое отличие – самостоятельное построение правил перевода. Обе используемых ранее модели опирались исключительно на уже заложенные человеком правила. Но интерпретировать всю грамматику отдельно взятого языка в язык программирования не представляется возможным даже для команды специалистов. Теперь необходимость в этом отпала – программа способна проанализировать имеющиеся в её распоряжении данные и выделить ключевые положения и правила.

Третья особенность нейронного машинного перевода – возможность самостоятельного обучения. С помощью передаваемой ей человеком подборки переводов, программа может овладеть литературными или художественным стилям, научиться адаптировать переводы для конкретных нужд и задач или даже писать стихи. При том каждый последующий перевод будет выполнен лучше и точнее, чем предыдущий.

Использование машинного переводе на базе нейронных сетей сопряжено с определенными трудностями, в основном связанными с первичной настройкой сети и специфичностью аппаратного обеспечения. Нейронная сеть требует достаточно больших вычислительных мощностей, от которых зависят скорость её дальнейшего обучения, быстрота и точность перевода. Так же ей необходима первичная выборка переводов, на основе которой программа будет строить грамматические правила. Но по мере развития современных технологий эти проблемы отходят на второй план, позволяя все большему кругу людей использовать потрясающий по своей мощности и гибкости инструмент перевода.

Факторы избыточности и экономии языковых средств в авиационном английском языке

Халилуллина З.К.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Лысенко С.В.
МАИ, каф. И-02
zule4ka272@mail.ru

Статья посвящена выявлению типологически общих и конкретно-языковых черт в языковой структуре радиообмена на русском и английском языках. Особое внимание уделяется различным факторам избыточности и экономии языковых средств в подъязыке радиообмена. На материале отраслевой английской и русской терминосистем авиации выявляются определенные закономерности.

Надежная радиосвязь между пилотом и авиадиспетчером является одним из важнейших факторов авиационной безопасности при выполнении полетов. В Российской Федерации для ведения радиообмена используются два языка: русский и английский, при выполнении международных полетов – только английский язык.

Радиообмен на английском языке в соответствии с документами Международной организации гражданской авиации (ИКАО) и Федеральными авиационными правилами Российской Федерации осуществляется средствами стандартной фразеологии и авиационного английского языка (в случаях когда ситуация профессионального общения выходит за рамки, предусмотренные фразеологией).

Подъязык радиообмена отличается от обычного языка высокой степенью избыточности. Высокая степень повторяемости языковых единиц всех уровней обусловлена высокой степенью повторяемости ситуаций, для описания которых используются в качестве обязательных стереотипные средства выражения. В целом нужно отметить, что языковая избыточность необходима для языка: усложняя отношения между языковыми единицами, языковая избыточность создает определенную языковую ситуацию, в которой увеличивается энтропия, что приводит к порождению новой информации, которая в свою очередь может быть принята или не принята языковой системой. Языковая избыточность – одна из причин роста информации на языке. Избыточность в подъязыке радиообмена обусловлена необходимостью дублировать информацию, чтобы избежать ошибок при ее передаче и декодировании.

Экономия языковых средств – это один из основных, многофункциональных законов языковой динамики, действующий в языке. Структурная экономия на морфологическом уровне происходит за счет использования аббревиатур.

Таким образом, изучение подъязыка радиообмена в режиме связи пилот-авиадиспетчер позволяет определить главную цель коммуникации - обеспечение максимальной безопасности полетов, достижению которой подчинено речевое поведение, выбор речевых стратегий и принципы (правила) общения коммуникантов.

Влияние интервенции языков мира в английский язык на структуру и формирование английского языка

Хунджуа А.С.
Научный руководитель – преп. Картушина Н. В.
МАИ, каф. И-06
khundzhuanna@gmail.com

Английский язык сложен своей грамматикой и произношением, в нем присутствует большое количество лексических единиц из других языков, таких как латинский, немецкий, французский и другие. Это делает английский язык трудным для изучения и произношения. Данная проблема актуальна для каждого человека, решившего начать изучать английский язык или уже изучающего его долгое время. С чем связано затруднение в овладении английским языком? Английский язык модифицировался в ходе истории из-за беспрерывных завоеваний Великобритании со стороны других государств и народов и обретал отличительные черты и особенности разнообразных языков и культур.

Чтобы понять какой из языков оказал большее воздействие на английский язык, нужно изучить историю Великобритании начиная с нескольких веков до н. э. и заканчивая новейшим временем. Язык является инструментом коммуникации людей, а поэтому трансформируется на протяжении всей жизни человеческого рода.

Кельтский язык есть базис английского языка. Кельты эмигрировали на остров Британия в 7 веке до н. э. На острове Британия стали возникать кельтские города, и кельтская культура нашла здесь свой расцвет. Примеры кельтских слов: cross - крест, hill - холм, monk - монах, badger - барсук, valley - долина.

Грамматика и лексика английского языка на самом деле имеет латинское происхождение. Британия находилась под властью Римской Империи на протяжении 400 лет. Естественно, за столь длительный отрезок времени латинская культура и язык укрепились в Британии. Примеры латинских слов: bacterium - бактерия, fungus - гриб, peninsula - полуостров, paper - бумага, wine - вино.

Викинги, англосаксы и нормандцы вторгались на территорию Британии в течение многих веков. Не удивительно, язык каждого из этих народов привнес свою долю участия в комплектовании и сотворении английского языка. Интересно отметить, что феодальная культура рыцарства возникла в Англии по нормандскому образцу. Примеры скандинавских слов: skirt - юбка, husband - муж, leg - нога, anger - гнев, window - окно.

Буквально каждая сфера жизни английского социума подверглась влиянию французского языка. Столетняя война между Англией и Францией способствовала глобальному взаимопроникновению культур и языков воюющих сторон. Бесчисленное количество названий английских городов и рек имеет французское происхождение. Примеры французских слов: priest - священник, soldier - солдат, beef - говядина, evidence - доказательство, sculpture - скульптура.

Таким образом, становится понятно, из-за чего нынешний английский язык нелегок в грамматике, произношении и вмещает в себя многообразие иностранных слов. Эволюция английского языка (как и любого другого языка) непосредственно переплетена с хронологией истории. Своеобразная сложность английского языка интересна как для лингвистов, так и для людей, изучающих язык в обиходной жизни.

Варианты исполнения шасси летательных аппаратов (по материалам источников при обучении техническому переводу по специальности)

Сашин А.П., Черкаев Т.Г.
Научный руководитель – ст. преподаватель Власова С.В.
МАИ, каф. И-05
switteramm@gmail.com

В настоящее время, когда авиаперевозки достигли огромных масштабов, обеспечение безопасности взлета и посадки – самых сложных этапов полета воздушных судов – приобретает крайне важное значение. Одной из самых главных систем, обеспечивающих устойчивость , регулируемость, надёжность взлета и посадки, является шасси. Эта система опор является неотъемлемой частью практически любого летательного аппарата (ЛА), будь то самолёты горизонтального и вертикального взлёта и посадки, вертолёты, конвертопланы, автожиры и другие воздушные суда.

Даже ЛА, которые не приземляются, а приводняются, поскольку они являются амфибиями, должны иметь шасси, для того чтобы выбраться на сушу. Однако, этот конструктивный элемент самолёта подвержен одному из самых больших рисков.

Какой бы степени мастерства и из какого бы рода авиации не был бы лётчик, при вопросе о самых сложных фигурах пилотажа он, скорее всего, упомянет взлёт и посадку. Действительно, если посмотреть сводку авиационных аварий и катастроф, то большой процент этих происшествий будет приходиться на момент отрыва ЛА от поверхности или его приземления. Ошибка пилота, износ конструкции, погодные условия, плохое состояние взлетно-посадочной полосы (ВПП) - первым делом начинаются неполадки с системой шасси.

Рассмотрение типов и видов конструкций опор ЛА, а также причин их отказа и возможные способы решения этой проблемы вы найдете в нашем исследовании. Существует большое количество разновидностей конструкций шасси.

Некоторым нужно обеспечить лишь мягкий взлёт и посадку на хорошо оборудованные и ухоженные ВПП. Другим же необходимо выдерживать повышенные нагрузки во время приземления на, возможно, разбитые полосы(во время военных действий) или даже просто на грунтовые полосы, причём масса ЛА при этом может достигать нескольких сотен тонн. Некоторым же и вовсе нужно осуществить посадку на водную гладь. Большинство конструкций после отрыва от земли продолжают путь вместе со своим носителем, но есть и такие, которые отсоединяются и остаются на поверхности, отпуская материнское судно в полёт.

Существуют технологически крайне сложные в производстве и эксплуатации виды шасси, имеющие сложную кинематику, убираемые, полуутопленные и неубирающиеся шасси.

Имеются шасси, различные по количеству стоек и контакторов с поверхностью конструкций. Экзотические и повсеместно применяющиеся - все они имеют свои плюсы и минусы.

В нашем исследовании мы рассмотрим эти вопросы, а, так же, попробуем понять, почему так и не было создано единой конструкции для решения всех задач в целом.

Автоматизированное формирование списка рекомендованных научных статей на основании библиотек пользователей

Шеин А.В.
Научный руководитель – ст. преподаватель Власова С.В.
МАИ, каф. И-05
mr.alex.shein@bk.ru

В настоящее время важность научной документации велика, как никогда. В прошлом один великий учёный мог следить и разбираться одновременно в значительной части достижений науки и человеческой цивилизации в целом, однако, с начала XX века, наблюдается экспоненциальный рост объёма публикуемой научной литературы. Ни один

человек не в состоянии прогнать через себя такое огромное количество информации. Даже необходимость оперативно получать новые публикации в рамках интересующей учёного области при помощи множества специализированных интернет-ресурсов, периодических становится весьма непростой задачей.

Для решения данной проблемы необходимо было создать информационную систему, позволявшую агрегировать выходящие статьи из различных источников, а так же учитывающую предпочтения и приоритетные для каждого пользователя тематики. К решению этой задачи в 2013 году приступила компания ZappyLab, в результате чего был создан сайт pubchase.com, позволяющий пользователям загружать свои библиотеки в виде файлов BibTex (специализированное программное обеспечение, позволяющее создавать форматированные списки библиографии). Данная информационная система активно развивается, в частности, была добавлена интеграция с Mendeley(программа для манипуляции исследовательскими трудами в формате PDF), был реализован импорт новых статей с ресурса nlm.nih.gov (Национальная медицинская библиотека США).

В 2016 году был разработан алгоритм анализа «схожести» пользователей на основании их библиотек, который учитывал количество добавленных публикация конкретных авторов, частоту цитирования того или иного журнала, число статей в библиотеке и т.д. В качестве основного средства программирования был выбран интерпретируемый язык Python, а так же были использованы специализированные библиотеки для матричных вычислений и хранения разреженных матриц. В связи с значительным затратами процессорного времени на исполнение, для работы алгоритма был выделен отдельный сервер. В настоящий момент основная разработка окончена, решение используется для ежедневного формирования рекомендаций пользователям, однако продолжают вестись работы по оптимизации.

Сегодня любой желающий может воспользоваться данным сервисом для получения рекомендаций, общее число пользователей больше, чем 24 тысячи и продолжает расти, а число статей превышает 450 тысяч что свидетельствует о востребованности данной информационной системы. В настоящий момент PubChase ориентирован, в первую очередь, на статьи по медицине и микробиологии, однако есть планы по охвату других областей науки.

Основные принципы становления пилотом

Шиянова Д.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Осиповская Т.Г.
МАИ, каф. И-03
shiydasha@yandex.ru

Летать, подобно птицам, человек пожелал еще очень давно. В Древней Греции существовало немало легенд про "взмывших к солнцу". Но в наши дни с учетом быстрого роста развития информационных технологий, требования к профессионалам индивидуальной деятельности с каждым годом становятся строже. Строже также становятся и условия, в которых пребывает человек, не смотря на то, что "машина" в некотором роде облегчила человечеству жизнь.

Пилот - профессия, не допускающая ошибок, так как она подразумевает под собой строгое соблюдение всех правил и быстрое устранение любых неполадок. На человека, взявшего в руки штурвал, возлагаются большие надежды и ответственность за жизнь пассажира и персонала, находящегося на борту самолета. Если кто-то пожелает попасть на такую должность, то он должен быть уверен в каждом своем шаге или действии, так как небо не редко предоставляет пилоту пакет экстренных и непредвиденных ситуаций.

Пилот проходит обучение, в которое входит изучение строения самолетов, маршрутизация, понимание карт, прыжки с парашютом и практика на тренажерах, симулирующих реальные полеты. Единственной проблемой студента может стать прохождение медкомиссии, так как при обнаружении малейших неполадок в области сердца, легких или, например, зрения, молодой летчик может позабыть о мечте рассекать небесные просторы белоснежными крыльями железной птицы.

Таким образом, летное мастерство не терпит компромиссов, и нарушение дисциплины ставит пилота на скользкий путь. Хорошее летное мастерство не совместимо с нарушениями правил любого вида и масштаба полета.

Сравнение английской и русской терминосистем в авиасфере. Способы терминообразования

Юсифов Р.Г.
Научный руководитель – доцент, к.н. Лысенко С.В.
МАИ, каф. И-02
r-yu-g@yandex.ru

Ни для кого не секрет, что одна из важнейших функций языка – это коммуникативная, с помощью которой происходит общение людей в любой сфере деятельности. Для каждой сферы коммуникации предусмотрен определенный набор слов, позволяющий собеседникам понимать друг друга. В бытовой коммуникации используется разговорно-просторечная и литературно-разговорная форма языка. В свою очередь, в специально-профессиональной коммуникации общение происходит с помощью языка науки и техники – особой формы естественного языка.

80-е годы XX-го века стали пиком для «терминологического взрыва». Именно в то время было выпущено более двух тысяч публикаций на данную тематику. Именно тогда сформировалась новая научная дисциплина – терминоведение, которое изучает специфичную лексику с точки зрения её типологии, формы, содержания, происхождения, функционирования и использования.

В этой работе будет проанализированы особенности терминосистем английского и русского языков, для этого рассмотрим следующие аспекты: история возникновения понятия «термин», специфику терминологической информации, информацию, закладываемую в терминообразующих элементах, способы терминообразования (аффиксальные и безаффиксальные).

Впервые понятие «термин» было указано в «Энциклопедическом словаре» Брокгауза и Ефрона. Окончательно же оно было сформировано к началу XX-ого века. Причинами терминологического взрыва, прошедшее в то время, можно назвать следующие явления: появление множества новый научных и технических объектов, не имеющих названия, необходимость создания терминологических словарей для перевода, обучения и работы, размытость в области терминологии в различных сферах жизни, что в свою очередь, ведёт к многозначности и сложности понимания терминов.

Специфика терминологической информации заключается в том, что её главным источником является практическая деятельность людей. Отсюда следует, что терминологическая информация концентрирует в себе коллективную профессионально-научную память.

Но какую же конкретно информацию заключает в себе элементы терминообразования? По мнению лингвистов, распознаваемые корневые основы и аффиксы являются самостоятельно значащими терминоэлементами. То есть, процесс терминологического названия требует строить термины с предсказуемой семантикой. Но тогда возникает проблема взаимообусловленности языкового оформления, закономерной повторяемости и специализацией языковых средств для выражения научных и технических понятий. Но также не стоит забывать и про сложные термины, которые имеют экономные, но семантических ёмкие структуры.

Последний аспект, который хотелось бы рассмотреть – это способы образования терминов. Существуют две основные группы – аффиксальные и безаффиксальные. Аффиксальные в свою очередь делятся на суффиксальный способ (суффиксация) и префиксальный (префиксация). Как в первом, так и во втором способах может участвовать более одной добавляемой морфемы. Что касается безаффиксальных способов, то они подразделяются на: конверсию, когда образовывается новая часть речи, однако изначально слово не меняется; словосложение, когда два или более слова складываются в единое целое - сложное слово; аббревиатуры, когда появляется слово, образованное с

помощью сокращения слова или словосочетания и читаемое по начальным буквам или звукам слов, входящим в него; заимствования-транслитерация слов из другого языка.

Секция «Социальные и гуманитарные проблемы в аэрокосмическом комплексе»

Социальные проблемы в аэрокосмическом комплексе

Влияние заработной платы на долгосрочное закрепление специалистов в «ОКБ им. А.И. Микояна»

Абрамова Е.В., Бусыгин Е.С.
Научный руководитель – доцент, к.пед.н. Стульник Т.Д.
МАИ, каф. 009
mylenebr@mail.ru

Опыт отечественных и зарубежных компаний показывает, что дефицит квалифицированных трудовых ресурсов неизбежно ведет к нарушению нормального функционирования деятельности любой организации. К сожалению, в течение последних пятнадцати лет предприятия отечественной авиационно-космической отрасли стали чаще испытывать трудности по вопросу закрепления высококвалифицированных специалистов на долгосрочной основе.

В исследовании, проведенном в 2016 году, приняли участие сотрудники ОКБ им. А.И. Микояна в возрасте от 18 до 80 лет. В результате исследования выявлено, что большинство респондентов работают на предприятии более 16 лет (38%). Меньше всего опрошенных сотрудников со стажем от 10 до 15 лет (11%). При этом значительна доля респондентов со стажем менее 1 года (16 %) и от 1 года до 5 лет (22%). Но доля опрошенных работников, чей стаж работы 6-10 лет, резко сокращается и составляет 13%, что говорит о том, что многие работники начинают уходить из организации примерно после 5 лет работы. Из анализа данных по движению персонала за 2013-2015гг. установлено, что в среднем в год численность работников ОКБ им. А.И. Микояна снижается на 4%. Для большинства опрошенных (72%) заработок в данной Корпорации является единственным источником дохода, но лишь 21% респондентов удовлетворены размером своей заработной платы. Вся заработная плата на предприятии распределяется между рабочими, специалистами и руководителями в следующем процентном соотношении: 11%, 70% и 19% соответственно. Анализ распределения фонда заработной платы показал, что оклад составляет наибольшую долю фонда (49%), почти четверть фонда оплаты труда (23%) приходится на надбавки, а премия составляет 13%. Доплаты за стаж и секретность имеют такие доли фонда заработной платы, как 8% и 3% соответственно. Оплата командировок составляет 3%, а совмещения профессий – 1%. Несмотря на то, что оклад имеет значительную долю в фонде заработной платы, большинство опрошенных сотрудников (80%) не удовлетворены размером оклада. Премиями не удовлетворены 78% респондентов, а надбавками – 13%. Важно отметить, что оклад и доплаты в отличие от надбавок являются постоянными составляющим заработной платы. Выявлено, что для многих работников ОКБ важна постоянность окладов, а не временность и индивидуальность начисления надбавок, поскольку размер начисления, как премий, так и доплат напрямую зависит от оклада. При этом существующий размер премии в 10% от оклада, по мнению опрошенных, не является стимулирующим. Согласно респондентам, размер стимулирующей премии должен быть не менее 30% от оклада. В ходе исследования также было установлено увеличение неудовлетворенности заработной платой со стажем работы в организации и с ростом в должности. Также, согласно мнению большинства опрошенных работников (56%), мотивирующей будет являться та заработная плата, которая будет в перспективе. При этом 65% респондентов отметили важным условием закрепления в организации на

долгосрочной основе наличие повышения заработной платы не менее чем на 25% при продвижении по карьерной лестнице, а не существующее различие в 8% в среднем.

Таким образом, по итогам исследования были предложены одобренная руководителями и сотрудниками новая сетка должностных окладов, премия в размере 30% от оклада и шаг между должностями от 25%, что в целом должно способствовать мотивации, закреплению и повышению удовлетворенности трудом большинства сотрудников ОКБ.

Сравнительный анализ процесса трудоустройства специалистов и бакалавров (на примере выпускников-менеджеров МАИ)

Агаева Т. В.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Коган Е.А.
МАИ, каф. 009
agaeva-tania@yandex.ru

Главной целью подписания Болонского процесса и перехода на двухуровневую систему подготовки кадров было увеличение конкурентоспособности и привлекательности высшего образования в России, которое способствовало бы мобильности студентов и облегчало процесс трудоустройства выпускников.

Однако по данным Росстата, доля безработных граждан среди экономически активного населения страны в 2016 году составила 4,303 млн., из которых четверть составляют недавние выпускники вузов.

Для того, чтобы понять, изменился ли процесс трудоустройства выпускников из-за перехода высшего образования на двухуровневую систему, было проведено исследование с использованием анкетного опроса, в котором приняли участие 100 выпускников 2015 года факультета №10 «Социальный инжиниринг» МАИ, из которых 50 выпускников – бакалавры и 50 выпускников – специалисты.

Опрос показал, что требования работодателей к специалистам и бакалаврам различаются незначительно.

У бакалавров, так же, как и у специалистов, прежде всего, требовали диплом о высшем образовании и смотрели на наличие у выпускников определенных личностных качеств. Около 20% работодателей хотели видеть у бакалавров опыт работы по специальности, а у специалистов опытом интересовались лишь 6% руководителей. Компьютерную грамотность проверяли у 18% специалистов, а среди бакалавров - только у 10%. У всех выпускников руководители одинаково обращали внимание на такой показатель как интерес к работе (12%), а также тестировали умения по специальности и знание иностранного языка.

В общем можно сказать, что работодатели одинаково воспринимают специалистов и бакалавров, и сами бакалавры не почувствовали, что к ним относятся как к соискателям с неполным высшим образованием.

Выпускники отмечали, что при трудоустройстве на стартовые позиции различий в требованиях нет, но для дальнейшего продвижения степени бакалавра может быть недостаточно.

Самым действенным средством поиска работы среди бакалавров и специалистов оказался интернет, его отметили примерно 40% респондентов в каждой из групп. На втором месте - личные связи и знакомства (по 38%).

Анализ процесса трудоустройства выпускников-бакалавров и специалистов показал, что они столкнулись при трудоустройстве с одинаковыми трудностями.

Четверть специалистов и столько же бакалавров среди проблем трудоустройства отметили недостаточный опыт работы или его отсутствие. Незнание и недостаточный уровень владения английским языком указали по 12% респондентов из каждой группы. Каждый десятый выпускник столкнулся с большой конкуренцией на должность. Нехватку знаний и навыков по специальности ощутили 8% специалистов и почти столько же бакалавров (6%).

Опрос показал, что 40% опрошенных бакалавров продолжили обучение в магистратуре. Мотивацией поступления в магистратуру стала потребность в усовершенствовании своих знаний, повышении статуса, а также желание поменять специальность.

Исследование процесса привлечения персонала в лабораторию «Аддитивные технологии производства» МАИ

Бандорина Е.М.
Научный руководитель – профессор, к.ф.н. Латышева В.В.
МАИ, каф.009
bandorina0901@gmail.com

Сегодня мировым трендом является разработка и внедрение новых производственных технологий. Так, например, интенсивно развивается такое направление в производстве как аддитивные технологии, которые используются во всех сферах жизнедеятельности: промышленности (авиа- и машиностроении), медицине, архитектуре, дизайне. Аддитивные технологии – это одна из технологий производства изделий, использующая принцип послойного добавления материала. Малые предприятия, внедряющие их, все больше нуждаются в специалистах в данной области, но зачастую не имеют апробированного процесса привлечения персонала, в силу чего испытывают кадровые трудности. Именно поэтому исследуемой проблемой является потребность лаборатории «Аддитивные технологии производства» в технических работниках и отсутствие в ней формализованного процесса привлечения персонала.

Объектом исследования является деятельность лаборатории «Аддитивные технологии производства» по привлечению персонала, а предметом – факторы, влияющие на заинтересованность соискателей в трудоустройстве в лабораторию.

Исследование кадрового потенциала лаборатории показало, что на сегодняшний день количество работников по штатному расписанию составляет две единицы: начальник лаборатории и инженер, который выполняет все поставленные задачи перед лабораторией. По этой причине многие работы не выполняются вовремя, приходится отказываться от заказов или привлекать специалистов со стороны, что влечет за собой потерю прибыли. Для выполнения сложных и длительных договоров привлекаются сотрудники из числа преподавательско-педагогического состава (ППС) кафедр университета. Из-за такой организационной структуры увеличиваются сроки выполнения заказов.

Выявлено, что внутренние источники привлечения персонала в лабораторию экономичнее внешних. Проверка гипотезы проводилась методом исследования прайс-релизов компаний по привлечению персонала и анализа сайтов по подбору сотрудников. Также проводилось интервью с начальником лаборатории.

Анализ деятельности лаборатории по привлечению персонала выявил, что рекламная деятельность, информирование соискателей о вакантной должности в ней, отсутствует. Анкетный опрос подтвердил неосведомлённость студентов об открытой вакансии.

Нашла подтверждение гипотеза о том, что студенты больше заинтересованы в гибком графике, чем в высокой заработной плате. Именно поэтому они и представляют наиболее перспективную категорию как соискатели. Студентам интересно участие в научно-исследовательской деятельности, выступление на конференциях, умение применить свои знания, полученные в ходе обучения, на практике, что является немаловажным фактором для студентов.

На основании результатов исследования предложены меры: организация новой рекламной компании, направленной на целевую аудиторию студентов очной формы обучения; развитие сайта и актуализация информации на нем; предложение гибкого графика труда и других приемлемых условий для студентов.

Исследование режима рабочего времени и отношения сотрудников к нему в Инженерном центре «ОКБ им. А.И. Микояна»

Белков А.А.
Научный руководитель – доцент, к.п.н. Стульник Т.Д.
МАИ, каф. 009
frugurt483@yandex.ru

Одним из критериев экономической эффективности производства является уровень использования рабочего времени, который напрямую зависит от особенностей действующего режима рабочего времени. Этот элемент организации труда крайне важен, и при его своевременном отслеживании, анализе и последующем совершенствовании достигается повышение эффективности рабочего времени.

В качестве объекта для изучения данной проблемы исследовательской группе был предложен Инженерный центр «ОКБ им. А.И.Микояна», производственная ячейка, обладающая высоким научно-техническим потенциалом, штатом высококвалифицированных специалистов и технических средств, необходимых для полномасштабного проектирования самых передовых образцов авиационной техники.

В Инженерном центре «ОКБ им. А.И.Микояна» сложилась проблемная ситуация, проявляющаяся в низкой удовлетворенности организацией рабочего времени инженерами ключевых подразделений. Для Корпорации и, в частности, конструкторского бюро, эти обстоятельства представляют особую угрозу, так как становятся причиной дефицита рабочего времени, что не может не отразиться на результатах ее деятельности.

Для определения отношения сотрудников к режиму рабочего времени был проведен анкетный опрос сотрудников КБ. Интервьюирование начальника управления по персоналу ИЦ и анализ нормативных документов осуществлялись с целью определения ключевых особенностей нормирования и учета рабочего времени. Организация интервью со старшими сотрудниками «ОКБ Сухого» и АО “ГосМКБ “Вымпел” им. И.И. Торопова” позволило определить основные тенденции организации рабочего времени на ведущих высокотехнологичных предприятиях-конкурентах.

В процессе исследования также удалось ознакомиться со многими инициативами сотрудников Инженерного центра в области нормирования рабочего времени. Выяснилось, что их предложения обсуждались еще 15 лет назад, однако до их комплексного принятия дело дошло только сейчас. Подобная ситуация во многом обусловлена консерватизмом в области управления и слаборазвитой культурой менеджмента времени на предприятии. Описанное положение вещей во многом подтверждает низкий уровень адаптивности руководства к изменениям.

Результаты анкеты в свою очередь только доказывают проблему ограничения свободы работников и доверия к ним в вопросе организации рабочего времени, что, несомненно, является фактором неудовлетворенности. По мнению абсолютного большинства специалистов, руководители не желают доверять сотрудникам даже вопросов связанных с организацией рабочего времени, не говоря о содержании труда.

О наличии подобных проблем в прошлом на своих предприятиях заявили также и старшие сотрудники предприятий схожей отрасли. Они четко обозначили, что руководство в своё время резко пошло в направлении искоренения бюрократизации и укрепления доверия по отношению к сотрудникам, так как это ведет не только к сокращению потерь рабочего времени, но и к повышению удовлетворенности трудом.

Наибольшее же беспокойство вызывает неудовлетворенность сотрудников действующим режимом рабочего времени. Абсолютное большинство респондентов (60,2%) оказались полностью или скорее не удовлетворены данным фактором.

Таким образом, использованный комплекс методов исследования позволил очертить круг проблем, разрешение которых и станет предметом проекта преобразований, необходимых Инженерному центру «ОКБ им. А.И. Микояна» в нынешней ситуации.

Корпоративная социальная ответственность предприятий аэрокосмического комплекса

Буйлина Е.Е., Семенова Н.С.
Научные руководители – доцент, к.э.н. Илова А.А., ст. преподаватель Окунева Т.Д.
Филиал «Взлёт» МАИ, каф. А31

Тема корпоративной социальной ответственности (далее КСО) в настоящее время одна из самых обсуждаемых в ведущих отечественных бизнес сообществах. Корпоративная социальная ответственность – это новый этап развития и укрепления основ экономической сферы общества.

Анализирую определения КСО, представленные отечественными и зарубежными авторами, можно утверждать, что сущность этих понятий определяет область КСО, его направления, инструменты и практическую результативность. С точки зрения А. Керолла «КСО представляет собой многоуровневую ответственность, которую можно представить в виде пирамиды. Исповедующая КСО фирма должна стремиться получать прибыль, исполняет законы, быть этичным, а также быть хорошим корпоративным гражданином».

На протяжении длительного времени, эволюционное развитие КСО представляло собой неформальный институт, регулируемый общественным осуждением, потребительским безразличием, утратой репутационного капитала и угрозой потери имиджа, как социально ответственной компании.

Анализ эволюционного вектора развития КСО имеет альтернативные направления, наиболее четко проработаны и обозначены этапы становления в работах А. Кэрролла (пятиэтапное развитие), В. Герде и Р. Вокутча (четырехэтапное развитие).

Проведенные авторами тезисов исследования показали, что в настоящее время не существует единой модели КСО, но наиболее значимыми выделяют следующие пять: Европейская, Британская, Американская, Канадская и Японская. Обозначенные модели подчеркивают и демонстрируют как сходные цели: нацеленность социальной политики в обществе, так и различия, определяемые традиционными особенностями стран и их экономической направленности.

Одной из корпораций уделяющей детальное внимание корпоративной социальной ответственности является ПАО «Компания «Сухой», включающая отделение филиала «ОКБ Сухого» в г. Ахтубинск. Сознавая государственную и социальную ответственность, Компания формирует свой взгляд на жизнь и деятельность на основе опыта, традиций и корпоративных ценностей.

В ходе проведенного исследования авторами были выявлены и проанализированы основные направления корпоративной социальной ответственности ПАО «Компания «Сухой», сформирован путь его развития по направлению становления и практической реализации политики в области КСО.

Основным направление развития кадровой составляющей концепции КСО в компании является система молодежной политики, направленная на создание профессионального коллектива. Кроме кадрового направления развития области КСО осуществляется работа по социальному обеспечению. Перечисленные направления работы компании в области инструментарного набора КСО важны и имеют свое положительное влияние на социальный аспект общества в целом, но ко всему прочему необходимо отметить об отсутствии достаточно важного составляющего концепции - корпоративной социальной отчетность, которая представляет собой «яркий маяк» инвестиционной привлекательности.

Таким образом, немаловажной задачей организации является ведение корпоративной социальной отчетности, которая играет важную роль не только в социальном плане, но и в экономическом. Также компании стоит обратить внимание и на такие аспекты, как:ведение этических принципов бизнеса, партнерство в рамках социальных инвестиций, создание комплекса по развитию детей-инвалидов.

Профессиональное обучение сотрудников управленческого кадрового резерва на предприятиях аэрокосмического комплекса

Воробьёва А.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.п.н. Стульник Т.Д.
МАИ, каф. 009
anastasss28@yandex.ru

В настоящее время усиливается интерес к формированию и развитию на предприятии кадрового резерва, который состоит из группы руководителей и специалистов, отвечающих требованиям, предъявляемым должностью того или иного ранга, подвергшихся отбору и прошедших систематическую целевую квалификационную подготовку. Обучение резервистов является отдельным сложным процессом. Грамотно организованное профессиональное обучение может помочь предприятию аэрокосмического комплекса избежать острой нехватки профессионально подготовленных, эффективных сотрудников, финансовых и временных затрат на отбор и адаптацию достойного кандидата.

Осуществляя работу с кадровым резервом путем его развития в корпоративном центре обучения, руководство предприятия получает много информации о компетенциях сотрудников (перспективность и предрасположенность сотрудника для работы или продвижения) и о том, что следует предпринять, чтобы развить компетентность персонала в соответствии с требованиями этого предприятия.

Аэрокосмическая отрасль - специфическая среда, где управленцам требуются специальные знания и умения, которые специалисты извне не всегда могут продемонстрировать. Проводя систематическое обучение резервистов, корпорации не только пополняют знания своих сотрудников, но и мотивируют их на эффективную работу, путем планирования их карьеры после прохождения обучения, так как любой сотрудник управленческого резерва - это потенциальный начальник, от которого зависит будущее отрасли.

Обучение кадрового резерва в рамках корпорации помогает снизить текучесть кадров, так как становятся понятными карьерные перспективы работников, что дополнительно мотивирует сотрудников на ускоренное развитие, способствует формированию стремления к повышению профессиональных качеств. Уменьшение текучести кадров, в свою очередь, оказывает необходимое воздействие на сохранение корпоративной культуры организации, что является немаловажным фактом для ее эффективного развития.

Однако предприятия аэрокосмического комплекса могут столкнуться с трудностями при организации обучения кадрового резерва, так как данная задача недостаточно изучена применительно к новым условиям хозяйствования, ее решение не обеспечено необходимыми, отвечающими современным требованиям, нормативно-методическими и аналитическими материалами, соответствующими развивающемуся рынку труда. Поэтому основной целью является постоянное совершенствование системы профессионального образования на предприятиях, так как это открывает новые возможности для развития человеческих ресурсов авиационных корпораций, вместе с тем, наращивая производственный потенциал самих предприятий.

Исследование профессионально важных качеств диспетчера по управлению воздушным движением с использованием оборудования EyeTrackerTobii REX

Герасименкова А.Е., Чепик М.Г.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Малишевский А.В.
СПбГУ ГА, каф. 21
2522676@bk.ru

Важность правильной организации профессионального психологического отбора (ППО) авиационных специалистов, в том числе, диспетчеров по управлению воздушным движением для дальнейшего повышения безопасности полетов, вполне очевидна. Но для

совершенствования ППО необходимо знать те профессионально важные качества (ПВК), то есть качества, которые включают индивидуально-психические и личностные качества авиационного специалиста, которые необходимы для той или иной профессиональной деятельности.

Для того, чтобы выяснить, как некоторые аспекты распределения и переключения внимания связаны с психологическими качествами диспетчерского управления воздушным движением (УВД), которые целесообразно считать ПВК диспетчера УВД, студенческой межкафедральной научно-исследовательской лабораторией был организован эксперимент с использованием оборудования EyeTrackerTobii REX и специальной компьютерной программы, созданной П. А. Плясовских (ВНИИРА), и предназначенной специально для анализа различных аспектов перемещения взгляда в процессе выполнения заданного упражнения.

В проведенном нами эксперименте приняло участие 48 студентов третьего курса факультета летной эксплуатации СПб ГУ ГА, обучающихся по специализации «Использование воздушного пространства».

В качестве упражнения, по согласованию с научным руководителем, было выбрано то, в котором на первом этапе задачей испытуемых было фиксировать взгляд на перемещающемся по экрану зеленом квадрате. На втором этапе эксперимента задача перед испытуемым стояла та же, но одновременно с зеленым на экране компьютера появлялись квадраты других цветов. С помощью специальной компьютерной программы А. П. Плясовских определяется время пребывания взгляда в одной из четырех зон. В идеале в каждой зоне взгляд должен был фиксироваться на протяжении 25% от общего времени этапа упражнения. Далее нами вычислялись суммы квадратов отклонений от идеального времени пребывания взгляда в каждой из зон на каждом из этапов, а также разность между двумя этими суммами. Результаты эксперимента получились достаточно противоречивыми, поскольку значительное количество испытуемых лучше выполнило более сложную задачу.

Кроме результатов упражнения в данном эксперименте исследовались результаты психодиагностики испытуемых. В частности, у них были определены коэффициент интеллекта по тесту Айзенка, темперамент по тесту EPI, общий стиль поведения по тесту «ММЯ-1», стиль поведения в конфликте по тесту Томаса и интернальность по тесту УСК. Получена психологическая характеристика обследованной группы.

Получены корреляционные зависимости между результатами психодиагностики и результатами эксперимента, которые позволят скорректировать порядок проведения дальнейших исследований, направленных на совершенствование ППО диспетчеров по управлению воздушным движением.

Перспективы развития космической отрасли в России

Гордейчук С.С.
Научный руководитель – к.т.н. Шемонаева Е.С.
МАИ, каф. ТПЛА
angel8618@yandex.ru

Оценивая состояние современной ракетно-космической отрасли России, хочется выделить следующие основные моменты.

Национальная космическая программа не ставит конкретных задач, позволяющих на долгосрочную перспективу загрузить производственные мощности и осуществлять опережающие научные разработки. Резкое снижение качества выпускаемой продукции, сопровождающееся как аварийными, так и отложенными на время пусками ракет. Непродуманная кадровая политика, приводящая к принятию решений, способствующих не развитию производства, а оптимизации финансовых затрат, что само по себе крайне необходимо, но на практике приводит к стагнации и развалу производства. Система финансирования отрасли при этом решает проблемы не производства, а банков. Упование на коммерциализацию отрасли повысить производительность и качество, выпускаемой продукции и оказываемых услуг привело к сильной зависимости стратегических

предприятий отрасли от коммерческих заказов, особенно ярко проявившейся на фоне санкций Запада против России.

К счастью, трудности, в том числе и финансовые, при развитии космических программ испытывают и наши “заокеанские партнеры”. Но в отличие от нас они предельно ясно и четко определились с целью на пути к достижению которой, они будут преодолевать все трудности как сегодняшнего дня, так и те, которые возникнут в будущем.

Эта цель озвучена в космической доктрине США: “Достижение и прочное удержание безусловного доминирования в открытом космосе, граничащим с безраздельным господством в этой сфере”. Скромное упоминание в военной доктрине России о воздушно-космической обороне России приведет в уныние любого оптимиста. “Достойный ответ” правда нашелся в Основных положениях Федеральной Космической Программе Российской Федерации 2016-2025 гг., где как одним из приоритетов космической деятельности является деятельность. Связанная с обеспечением гарантированного доступа РФ в космос со своей территории. В результате этой деятельности в 2016 году РФ провела 17 космических запусков из которых 1 был аварийный (Союз-У), кроме того, мы гарантированно отсрочили минимум до апреля 2017 года запуск ракеты “Протон-М” с американским спутником связи “EchoStar-21” по причине проблем при производстве двигателей.

Сравнивая 1982 г. с его 100 космических запусков и реалии сегодняшнего дня можно с уверенностью сказать, что современные высокоэффективные менеджеры находятся на правильном пути, рачительно управляя финансовыми потоками, проводя тщательно продуманную реорганизацию отрасли и подготавливая жизненно необходимое для них акционирование предприятий.

Ведь сегодня на вопрос, быть или не быть космической отрасли России, за нас уже ответили США и Китай, которые постепенно вытесняют Россию с лидирующих позиций в космосе.

Изменение психологических характеристик у студентов МАИ в условиях военных сборов

Завьялов М.Л., Косинов А.А.
Научный руководитель – доцент, к. пед. н. Стульник Т.Д.
МАИ, каф.009
aronko95@gmail.com

В процессе своего развития и становления личность проходит ряд определённых этапов, которые неизбежно связаны с жизненными трудностями, приобретением опыта и преодолением как внутренних, так и внешних кризисов. Особую роль в становлении личности в нашей стране может сыграть именно армия и ее нормативно-организационные аспекты, особенно принимая во внимание личностное становление представителей мужского пола.

В период военных сборов с 27 июля по 30 августа 2016 года среди студентов 3, 4 и 10 факультетов Московского авиационного института было проведено тестирование в форме индивидуально-типологического опросника (ИТО), разработанного российским психологом, доктором психологических наук, ведущим специалистом в области психодиагностики и психологии индивидуальности Собчик Л. Н.

Для исследования студенты прошли тестирование индивидуально-типологического опросника в начале и в конце военных сборов. Стоит отметить, что у многих студентов изменялись некоторые индивидуально-психологические показатели, а именно: стеничность, экстравертированность и лабильность повысились по сравнению с результатами первого тестирования, проведённого в первые дни военных сборов. В частности, показатели стеничности (устойчивость к различным помехам, способность к длительной непрерывной деятельности, преодолению препятствий) повысились, предположительно, по ряду причин: тяжелые климатические, жилищные и социальные условия. Тяжелые социальные условия выражались в основном в том, что у молодых

людей была необходимость постоянно утверждать свой статус в социальной группе взвода.

Также повысилась и экстравертированность - показатель активности установок, стремлений и интересов, ориентированных на окружающих людей. Это можно объяснить необходимостью быстро принимать решения. Повысилась лабильность, показывающая скорость перехода от одного эмоционального состояния к другому и зависимость человека от референтной группы. Данное изменение, на наш взгляд, объясняется организационной культурой, которая была сформирована во взводе, и негласному лозунгу «Вместе мы - сила!». Такой простой лозунг побуждал каждого к согласованным и стратегически обоснованным действиям при необходимости выполнения задач, несмотря на разногласия и раздражительность каждого индивида как по отношению к своим товарищам. Как следствие, необходимой стала активность, направленная на коммуникацию с окружающими людьми.

Очевидно, что среда, в которой пребывает личность, оказывает значительное воздействие на её формирование. Так, студенты МАИ после прохождения военных сборов изменились в небольшом диапазоне их типологических особенностей, что обеспечило их адаптацию к новым условиям. Армия неоспоримо влияет на формирование личности представителей мужского пола путём воспитания сильных качеств характера в условиях постоянной психологической закалки. Если некомфортная обстановка, которая присуща во время прохождения службы той или иной группе лиц, располагает к развитию преимущественно положительных личностных качеств, то, как результат, на выходе мы получаем достойных во многих отношениях членов нашего общества. В противном же случае, в ситуации преобладания отрицательных условий во время прохождения военной службы группой индивидов, перед обществом возникает угроза появления не самых нравственных личностей.

Повышение качества образовательных услуг Факультета довузовской подготовки МАИ

Землянская А.П.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Коломоец Е.Н.
МАИ, каф. 009
sunrice92@mail.ru

Довузовская подготовка рассматривается сегодня не только как ступень к получению высшего образования, но и как важный этап подготовки молодого человека на пути к приобретению профессии.

Сегодня на московском рынке образовательных услуг обостряется конкуренция, связанная с ростом численности физических и юридических лиц, предоставляющих такие услуги. В борьбе за слушателей курсы довузовской подготовки на базе учебных заведений расширяют услуги и улучшают их качество, используют ценовую мотивацию и другие инструменты, главным из которых является качество образовательных услуг.

Исследование проводилось при помощи методики оценки качества образовательных услуг - «КАЧОБРУС», разработанной специалистами Санкт-Петербургского гуманитарного университета профсоюзов. Методика предполагает проведение анкетирования непосредственных потребителей образовательных услуг, используя трехблочную анкету. Концептуальной основой является трехмерная шкала Лайкерта для оценки каждого параметра качества по блокам анкеты: «ожидание» - эталонная с позиции потребителя оценка анализируемого параметра, «восприятие» - фактическая оценка параметра, «важность» - оценка его значимости. Оценка каждого анализируемого параметра проводится по пятибалльной шкале: 5 баллов – «полностью согласен с утверждением»; 1 балл – «полностью не согласен». На факультете довузовской подготовки были опрошены учащиеся, на основании заполненных анкет произвели расчет средних баллов (оценок) по каждому показателю и коэффициентов качества как отношения средних баллов восприятия и ожидания. Исследование выявило проблемные показатели, по которым предложены определенные мероприятия.

1. Сформировать программы обучения, адаптированные под запросы потребителей (ориентированные на разные возрастные категории молодежи, на доходы их семей, время проведения занятий):

– предоставить льготы на оплату обучения довузовского образования для многодетных семей и сотрудников МАИ;

– создать инфраструктуру и технологию для подготовки людей с ограниченными возможностями к успешной сдаче ГВЭ;

– усовершенствовать инфраструктуру системы дистанционного образования;

– наладить сотрудничество в области довузовской подготовки на договорной основе со средними общими и профессиональными учебными заведениями.

2. Предусмотреть возможность отдыха в перерывах между занятиями:

– оборудовать места для отдыха обучающихся (помещения или зоны в Главном учебном корпусе).

3. Сформировать современную материально-техническую базу обучения:

– оснастить аудитории курсов проекторами, компьютерами, интерактивными досками для использования их в учебном процессе.

4. Поддерживать надлежащее состояние учебных аудиторий:

– отремонтировать учебные аудитории и обеспечить их удобными партами.

Разработанные мероприятия позволят повысить качество образовательных услуг, предлагаемых Факультетом довузовской подготовки МАИ, обеспечить конкурентные преимущества подразделения на московском рынке образовательных услуг среди ведущих технических университетов.

Нематериальное стимулирование как фактор закрепления специалистов в «ОКБ им. А.И. Микояна»

Казанцева Д.А., Чумыкина К.Я.
Научный руководитель – доцент, к. пед. н. Стульник Т.Д.
МАИ, каф.009
ksenia10327@gmail.com

Правильно построенное стимулирование персонала дает возможность организации не только удержать сотрудника, но и заинтересовать его. Преимущественно работодатели мотивируют работников посредством денежных стимулов, но зачастую такой подход не всегда эффективен. По этой причине проблема нематериального стимулирования трудовой деятельности в последние годы уделяется в «ОКБ им. А.И. Микояна» большое внимание. Данная тема является актуальной, представляет практический интерес, так как от грамотно построенного нематериального стимулирования зависит повышение социальной и финансовый результат деятельности предприятия. Актуальность исследования заключается в том, что для закрепления специалистов в авиационной отрасли, где не высокая заработная плата как, например в «ОКБ им. А.И. Микояна», нужно ввести нематериальное стимулирование.

Для проверки гипотезы о том, что существующая практика использования инструментов и форм нематериального стимулирования в «ОКБ им. А.И. Микояна» не соответствует ожиданиям специалистов, было проведено анкетирование сотрудников и серии интервью с руководителями «ОКБ им. А.И. Микояна». В анкетировании приняло участие 214 сотрудников, имеющие разные должностные обязанности и являющимися сотрудниками разной возрастной категории.

Лишь 7% сотрудников устраивает наполнение социального пакета. О текущем содержании социального пакета 4% вовсе не имеют представления. В настоящее время в существующем социальном пакете 51% хотели бы видеть «Добровольное медицинское страхование», для 11% важна помощь в приобретении жилья, 4% из них изъявили желание получать частичную оплату услуг стоматолога. В равной степени (7%) сотрудники изъявили желание добавить бесплатные обеды, дотации к отпуску, корпоративные тарифы на транспорт и мобильную связь, оплату занятий в тренажерном

зале или абонемента в бассейн. Так, в ходе проведенного исследования было выявлено, что больше половины сотрудников хотели бы видеть такую форму нематериального стимулирования. Кроме того, наличие ДМС не только повышает имидж работодателя в глазах работников, но и является весомым стимулом для долгосрочной перспективы работы в компании.

В настоящее время Корпорация не оплачивает сотрудникам полис ДМС, несмотря на то, что для большинства данная услуга являлась бы значимым стимулом к долгосрочной работе в «ОКБ им. А.И. Микояна».

В ходе реализации исследования, в Корпорации «ОКБ им. А.И. Микояна» планируется заключить договор на условии софинансирования со страховой компанией, по которому работодатель в лице АО «РСК «МиГ» обязуется оплатить 30% от стоимости полиса ДМС, а оставшиеся 70% работник оплачивает самостоятельно. Данный договор заключается сроком на 1 год и может быть автоматически продлен. У сотрудников в течение трех месяцев из заработной платы будет списываться стоимость ДМС, так же он имеет право выбрать, какие услуги ему больше нужны: на выбор ему предлагается различные варианты. В связи с этим, обеспечение сотрудников «ОКБ им. А.И. Микояна» полисом является целесообразным и необходимым для эффективного удержания и привлечение новых сотрудников мероприятием. Но нужно отметить что, Корпоративные клиенты «ОКБ им. А.И. Микояна» могут обеспечить себя пакетом ДМС, так как количество желающих велико, за счет этого стоимость не будет высока, потому что у специалистов в авиационной отрасли не очень высокая заработная плата.

Совершенствование процесса привлечения молодых специалистов в самолётостроительную корпорацию (на примере АО «РСК «МиГ»)

Кафланова А.К.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Коган Е.А.
МАИ, каф. 009
Annkafl@mail.ru

Наиболее предпочтительным и целесообразным с экономической точки зрения является трудоустройство выпускников высших учебных заведений по той специальности, которой они обучались в институте. Однако на практике отмечается, что зачастую выпускники уходят в совершенно иные области, не соответствующие их специализации.

Происходит это по ряду причин: во-первых, сказывается неразвитая в России система профориентации учащихся средних образовательных школ, которая влечет за собой такие последствия, как выбор учениками будущей специальности, не соответствующей их личностным характеристикам. Второй причиной является отсутствие законодательной базы, стимулирующей работодателей различными налоговыми льготами, и отсутствие иной помощи со стороны государства, направленной на создание в организациях специальных рабочих мест для выпускников вузов.

В конечном счете, все сводится к тому, что основная нагрузка по решению вопросов трудоустройства выпускников ложится на высшие учебные заведения, которые, при тесном сотрудничестве с предприятиями, организуют такие профориентационные мероприятия, как ярмарки вакансий, научно-практические конференции, информируют студентов о специфике предстоящей работы, организуют экскурсии на предприятия и многое другое.

Таким образом, актуальность данной темы обусловлена сложившейся экономической ситуацией на рынке труда, и заключается в том, что неграмотная организация процесса привлечения молодых специалистов на промышленные предприятия, увеличивает и без того достаточно высокий риск оттока специалистов в другие области деятельности.

Несмотря на то, что самолётостроительная корпорация «МиГ» на протяжении всего своего существования была заинтересована в молодых специалистах, в данный момент возникли затруднения, связанные с деятельностью по найму молодых кадров. В связи с

этим появляется необходимость исследовать процесс привлечения молодых специалистов в АО «РСК «МиГ»: методы и способы его реализации на практике, с целью выявления недочетов и выработки рекомендаций.

Исследование показало, что трудности привлечения молодых специалистов в корпорацию связаны с рядом причин, основные из которых заключаются в неэффективной организации мероприятий по привлечению.

Выявлено, что на предприятии не всегда выделяются необходимые ресурсы для проведения таких мероприятий, а представители корпорации зачастую занимают пассивную позицию при общении с выпускниками.

Для пополнения самолётостроительной корпорации молодыми кадрами, рекомендуется не только улучшать условия труда в ней, но и совершенствовать сам процесс привлечения, в частности, привлекать начальников подразделений и других компетентных сотрудников к работе на данных мероприятиях, где они могли бы грамотно проконсультировать выпускников вузов, а также вдохновить их реализовывать карьеру на предприятии.

Развитие авиационных систем как фактор обеспечения национальной безопасности РФ

Климашевская О.В.
доцент, к.п.н.
МАИ, каф.003
Klimawevskaya@yandex.ru

Новые системы управления воздушных судов военной и гражданской авиации представляют собой состояние авиационной транспортной системы, которое требует постоянной координации со стороны государства, выявления источников опасности и контроля факторов риска. При решении вопроса о совершенствовании систем управления в области авиации необходимо учитывать массовое обновление парка воздушных судов, опыты дистанционного управления самолетами, а также анализ применения воздушных судов как в сфере военного и гражданского назначения.

В последнее время очень актуальным является разработка, производство и внедрение беспилотных авиационных систем (БАС) не только в военную, но и гражданскую сферу деятельности различных ведомств и организаций. При этом практически у всех заинтересованных сторон особую обеспокоенность вызывает проблема их безопасной эксплуатации в воздухе и на земле.

В 2015 году введен в действие Национальный стандарт Российской Федерации (ГОСТ Р 56122-2014) под названием «Беспилотные авиационные системы. Общие требования». Документ уточняет область применения БАС, термины и определения, общие положения и основные требования.

Предприняты законодательные инициативы по корректировке Воздушного кодекса. Основной целью вносимых изменений стало создание основ для формирования законодательной базы по вопросам использования БАС в интересах государственной, экспериментальной и гражданской авиации. В данном контексте устанавливаются такие понятия, как «пилотируемое воздушное судно», «беспилотное воздушное судно», «беспилотная авиационная система», «наблюдатель». Уточняется понятие экипажа беспилотника и требования к их подготовке.

Накоплен опыт применения беспилотной авиационные системы военного назначения: начальные опыты дистанционного управления самолетами; создание дистанционно пилотируемых самолетов-мишеней; создание управляемых ракет и бомб; разработка и массовое производство самолетов-разведчиков; создание боевых беспилотных авиационных средств (БАС); создание разведывательно-ударных комплексов с БАС; удвоение рынка беспилотников.

В сфере гражданского назначения следует отметить следующие сферы применения: дорожная полиция; таможенные и пограничные службы; лесное хозяйство; в перспективе беспилотные грузовые и пассажирские самолеты.

По оценкам экспертов, к 2015-2020 гг. до трети мирового авиапарка военной авиации в передовых европейских странах станет беспилотным, а функции выполнять будет те же, что и «экипажная» авиация.

Разработка и совершенствование данного направления как в области военной, так и гражданской авиации, способствует развитию сразу нескольких ключевых государственных направлений: укреплению обороны и обеспечение национальной безопасности Российской Федерации; развитию и расширению международного сотрудничества Российской Федерации в интересах дальнейшей интеграции Российской Федерации в систему мировых политико-экономических связей, а также укреплению внутриэкономических связей между регионами; совершенствованию и модернизации авиационной техники и обеспечение ее конкурентоспособности на мировом уровне.

Социально-экономические последствия развития космодрома в «Восточный» для России

Кочнева А.В.
Научный руководитель – к.э.н. Сивоплясова С.Ю.
МАИ, каф. 510Б
knopka-1612@mail.ru

Интерес к освоению космоса сегодня растет не только у общества, но и у многих государств и крупных организаций. Россия не выбивается из общей тенденции — 27 апреля 2016 года были введены в эксплуатацию первые комплексы нового космодрома «Восточный». Его стоимость, по данным ТАСС, в фазе полной готовности достигнет 300–400 млрд. рублей. Но для чего нужен столь дорогостоящий объект и что сможет он дать России и всему миру? Для ответа на этот вопрос рассмотрим социально-экономические последствия строительства космодрома «Восточный».

Во-первых, возникновение рабочих мест при возведении космодрома (во время строительства было задействовано 2500 человек, треть из Амурской области и более 600 единиц техники), а так же появление новых вакансий, что связано со спецификой содержания и эксплуатации космодрома.

Во-вторых, благодаря созданию космодрома «Восточный» можно будет экономить государственный бюджет (сейчас Россия арендует космодром «Байконур» и тратит на это огромные средства).

В-третьих, появление нового научного центра (появился новый город Циолковский, созданный из старого посёлка Углегорска).

В-четвёртых, создание новых различных факультетов в вузах (МАИ, МГУ, МФТИ, МГТУ имени Баумана и др.), связанных с космосом (на новом объекте необходимы рабочие, имеющие специальности, относящиеся к космической сфере).

В-пятых, увеличение числа высококвалифицированного персонала в регионе базирования космодрома (это связано с появлением на космодроме высокотехнологического оборудования).

В-шестых, строительство жилых, коммунальных, досугово-культурных сооружений (это необходимо для нормальных условий проживания сотрудников, их семей, а также других жителей).

В-седьмых, появление дорог, железнодорожных путей (это обусловлено необходимостью снабжения стройки качественными материалами и ресурсами, а также доставки их за короткий срок).

В-восьмых, создание научных предприятий, заводов и прочего (для обеспечения технологического процесса, связанного со строительством космодрома).

Завершение строительства космодрома «Восточный» должно обеспечить прирост ВВП в Российской Федерации. Этот проект имеет не только научное, но и социально-экономическое значение. По словам В.В. Путина, такие проекты должны качественно изменить лицо Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Использование социальных сетей в процессе подготовки специалистов для предприятий аэрокосмического комплекса

Косариков Г.В., Морель Д.А.
Научный руководитель – к.т.н. Арсентьева М.В.
ТулГУ, каф. РВ
Kosarickov.egor@yandex.ru

Кафедра «Ракетное вооружение» (РВ) Тульского государственного университета ведет подготовку специалистов по специальностям 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», по направлению «Баллистика и гидроаэродинамика» бакалавров (24.03.03) и магистров (24.04.03). Основная образовательная программа магистратуры прошла общественную аккредитацию Госкорпорации «Роскосмос» осенью 2016 года. При подготовке специалистов по указанным направлениям требования к формированию необходимых компетенций перечислены в соответствующих ФГОС. Однако немаловажным аспектом обучения является еще и воспитательная работа со студентами.

В последнее время все чаще исследователи в области высшего образования пытаются проанализировать влияние использования социальных сетей в учебной и воспитательной работе со студентами на качество обучения. Считается, что возможность быстрой переработки информации и создания на ее базе новой качественной информации приведет к повышению качества образования. Несмотря на активное внедрение социальных сетей в педагогическую деятельность, единого мнения об эффективности этого процесса пока не сложилось.

Как показали результаты опроса среди студентов кафедры РВ ТулГУ, около 90 % из них являются активными пользователями одной или нескольких социальных сетей. При этом большинство студентов ежедневно посещают социальные сети, проводя в них от 30 минут до 3 часов. Поэтому вопрос об использовании социальных сетей в учебной и воспитательной работе кафедры является очень актуальным. Для успешного функционирования официальной группы необходимо учитывать пожелания студентов о ее насыщении, не перегружать избыточной информацией, поддерживать доброжелательную атмосферу, но вместе с тем, не допускать «панибратства», не выделять на аудиторных занятиях студентов, подписанных или не подписанных на страницу.

В ходе опроса, проведенного среди студентов кафедры РВ, около 78 % из них указали, что хотели бы видеть в официальной группе новости и объявления. Ознакомиться с интересными фактами из области ракетостроения и космонавтики желают примерно 32 % обучаемых студентов. Информация о трудоустройстве бывших выпускников кафедры и их карьере интересует 17 % опрошенных студентов. Около 74 % студентов уверены, что информация, получаемая ими на кафедральной странице, будет способствовать улучшению учебного процесса, 25 % - воспитательного процесса и 28 % надеются, что усовершенствуют свои представления о получаемой специальности и дальнейшем трудоустройстве.

В целом использование социальных сетей в образовательном процессе кафедры студентами всех курсов оценивается положительно. Однако со стороны преподавателей такого единства нет. Так как профессиональная этика предусматривает ограничение доступа к личной информации, кроме того использование социальных сетей в работе со студентами подразумевает определенные временные затраты. Также, в силу специфичности преподаваемых дисциплин, проведение преподавателями онлайн-консультаций не представляется возможным.

Тем не менее, использование социальных сетей в образовательном процессе позволяет повысить уровень информативности студентов и, помимо этого, создать положительный имидж кафедры для будущих потенциальных студентов.

Совершенствование системы оценки персонала на предприятии авиационной отрасли (на примере ОАО «ИЛ»)

Ламзиков В.А.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Коган Е.А.
МАИ, каф. 009
Zuko9413@mail.ru

Оценка персонала является важной частью кадровой политики любой компании, позволяет не только получить необходимую информацию об отдельных сотрудниках и выявить, насколько тот ли иной сотрудник соответствует занимаемой должности, но и повысить эффективность управления и мотивацию персонала, а также улучшить психологический климат в коллективе. Одной из разновидностей оценки персонала является аттестация – процедура, направленная на выявление соответствия работника занимаемой должности и принятие кадровых решений на основе полученных результатов.

На предприятии ОАО «Ил» сложилась проблемная ситуация, связанная с тем, что используемая на предприятии система аттестации персонала не позволяет получить всей необходимой информации для принятия управленческих решений по её итогам.

Для анализа существующей процедуры проведения аттестации были использованы методы анкетирования, интервью и анализа документов.

По результатам исследования процедуры аттестации работников на ОАО «Ил» были сделаны следующие выводы:

1. Существующая процедура аттестации персонала не позволяет всесторонне оценить сотрудника и принимать по итогам ее проведения обоснованные управленческие решения.
19. Используемые методы оценки персонала носят субъективный характер.
20. Недостатки существующей процедуры проведения аттестации персонала связаны с недостаточно качественной ее организацией.

Основной проблемой является то, что на предприятии используется морально устаревшая типовая методика оценки сотрудников при проведении аттестации. Она накладывает большую ответственность на аттестационную комиссию, увеличивая субъективность процедуры и делая ее менее прозрачной для работников. Кроме того, это создает необходимость тщательного отбора членов аттестационной комиссии и наличия четких регламентов, однако не все эти условия в силу определенных причин выполняются на предприятии. В результате возникает недоверие работников к итогам процедуры аттестации.

Кроме того, существуют такие недостатки системы аттестации, как громоздкое документальное сопровождение, недостаточно качественная организация процесса и подготовка аттестационных материалов.

Дополнительные сложности накладывает позиция руководства и финансовое положение предприятия, при которых затруднены использование современных методик оценки и аттестации персонала.

Стоит отметить, что система аттестации только начинает внедряться. В связи с этим имеется возможность вводить различные изменения в самой процедуре, так как в данный момент работа этой системы только налаживается.

Благодаря проведенному исследованию становится понятным, что для совершенствования системы аттестации на ОАО «Ил» целесообразно оптимизировать процедуру аттестации с помощью внедрения новых современных методик и редактирования и дополнения сопроводительной документации. Также необходимо уделить особое внимание информированию и просвещению сотрудников в области аттестации.

PR-инструменты продвижения новых моделей вертолетов

Лобунец В.А.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Малыхина М.А.
МАИ, каф. И-04
v.lobunets@yandex.ru

Связи с общественностью применяются для формирования и поддержания гармонии между концепцией компании и ее товаров (услуг) с позиционированием того и другого на потребительском рынке в частности и в обществе в целом.

Традиционными инструментами продвижения продукции на внутреннем и внешнем рынках являются СМИ (печатные, телевидение, радио), связи с общественностью в Интернете (корпоративный сайт, социальные сети, электронные СМИ), PR-мероприятия (форумы, конференции, мастер-классы, круглые столы, выставки, пресс-мероприятия), социальные мероприятия (спонсорство, благотворительность, корпоративная социальная ответственность), специальные мероприятия (церемонии, презентации). Эти PR-инструменты используются для продвижения продукции авиационной отрасли, в том числе и вертолетной техники, принципы продвижения которой мы рассмотрим на примере Холдинга «Вертолеты России».

Важной целью PR-продвижения вертолетной техники является увеличение присутствия на мировом рынке. Одним из факторов, влияющих на построение эффективной системы PR-коммуникаций, является ориентация на такие маркетинговые задачи, как занятие ниши на рынке, обеспечение узнаваемости бренда, налаживание отношений с потенциальными покупателями. Для выбора эффективных PR-инструментов нужно проанализировать целостность и достаточность системы маркетинга и связей с общественностью, изучить рынок вертолетной техники в России и за рубежом, а также определить целевые аудитории связей с общественностью и проанализировать их потребности.

К основным инструментам PR на рынке вертолетостроения относятся организация пресс-конференций, выпуск пресс-релизов и построение взаимоотношений со средствами массовой информации; проведение конференций и форумов; организация участия в авиационных выставках и лоббистская деятельность.

Участие России в качестве экспортера на мировом рынке вертолетной техники военного назначения стратегически важно, так как Россия сохраняет ведущие позиции и осуществляет экспорт высокотехнологичной продукции. Вертолеты как маркетинговый продукт обладают определенной спецификой. Рынок сбыта вертолетной техники ограничен, вертолеты изготавливаются под заказ в соответствии с требованиями клиентов и имеют сравнительно высокую стоимость, поэтому публикации в СМИ, работа в социальных сетях, реклама на телевидении и радио повышают заинтересованность потенциальных покупателей, но при этом имеют слабое влияние на изменение уровня продаж вертолетов, а, следовательно, являются наименее эффективными PR-инструментами.

Для АО «Вертолеты России» ключевыми заказчиками являются компании и государственные заказчики России, Индии и Китая, Ближнего Востока и Африканского континента, стран Латинской Америки. В связи с этим эффективными PR-инструментами продвижения новых моделей вертолетов являются те виды продвижения, которые позволяют достичь максимального охвата и вовлеченности перечисленных целевых аудиторий: деловые конференции, форумы, семинары, встречи с потенциальными клиентами, прямые продажи и участие в крупнейших мировых авиационных выставках. В данном контексте прямые продажи не являются PR-инструментом, но работают только в тесной интеграции со связями с общественностью и при условии устойчивой репутации производителя вертолетной техники, обеспечиваемой PR-средствами.

Спортивная джигитовка, как один из методов подготовки будущих авиаторов и космонавтов

Лопащенко М.С.[1]
Научный руководитель – доцент, к.и.н. Юрченко Н.В.[2]
[1]МГТУ им. Н.Э. Баумана; [2]МАИ, каф.002
lopashenkom@yandex.ru

В России исторически джигитовка была всегда тесно связана с авиацией. Даже воздушные бои времен Первой мировой войны называли воздушной джигитовкой. В двадцатом веке первые аэродромы создавались на ипподромах. Большой вклад в становление русской военной авиации внесли офицеры-кавалеристы и казаки-джигиты, которые первыми не побоялись подняться в небо. Это было обусловлено особенностями конной службы и конноспортивной подготовкой казаков. На основе огромного военного опыта, дающего умение рассчитывать свои силы, способность быстро принимать решения, джигитовка вырабатывает тактические навыки, необходимые как наездникам, так и будущим пилотам. В современных условиях конноспортивная джигитовка также полезна будущим авиаторам и не только для общефизического развития.

Джигитовка не только укрепляет здоровье и повышает уровень своей физической подготовки. Она дает возможность соприкоснуться с многовековой казачьей культурой, ощутить себя частью этой культуры. Человек, занимающийся джигитовкой, всегда сверяет свои поступки с высокими нравственными позициями казаков верности, чести и долга.

Джигитовка развивает навыки партнерской работы и работы в коллективе. Невозможно выполнить упражнения джигитовки, не найдя общего языка с лошадью. Европейцы неоднократно отмечали, что казачьи лошади преданы хозяевам как собаки. Джигитовка – это танец с конем. Работа с лошадью провоцирует всадника на общение, учит его слушать своего партнера, находить компромиссы, полностью доверять партнеру, поскольку выполняя упражнения джигитовки, всадник не управляет лошадью.

Лошадь умное и сильное животное, ее скорость реакции в восемь раз быстрее, чем у человека. Это провоцирует ускорение мыслительных и двигательных процессов у всадника. При выполнении упражнений джигитовки от скорости реакции всадника часто зависит жизнь и здоровье его и лошади. От джигита требуется не только быстро оценить степень опасности, возникшей ситуации, но и быстро принять оптимальное решение. Такие навыки, безусловно, необходимы летчикам и космонавтам.

Джигитовка включает в себя не только акробатические упражнения, развивающие пространственную ориентацию и умения перемещать своё тела в пространстве. В ней сочетается меткость стрельбы из пистолета, из лука, метание ножа и копья, а также рубка шашкой с висами с разных сторон лошади, подниманием предметов с земли, бешеной скачкой, преодолением препятствий. Все это требует немалой силы и ловкости в сочетании с выдержкой, верностью глазомера, быстрого перехода с движений большой амплитуды к мелкой и точной работе. Все эти умения особенно важны для будущих летчиков и космонавтов в условиях невесомости и при нештатных ситуациях.

В 2005 г. в России началось возрождение древнего казачьего боевого искусства джигитовки. Летом 2016г. по джигитовке прошел первый в истории чемпионат мира. С 2017 года джигитовка была признана спортом. Она находит широкое развитие в виде различных студенческих и военно-патриотических конноспортивных секций.

Особенности подготовки современных инженерных кадров аэрокосмического комплекса как социально-гуманитарная проблема

Максимов В.В., Тюлю П.С.
Научный руководитель – доцент, к.филос.н. Шкарубо С.Н.
МАИ, каф. 002
polina_tyulyu@mail.ru

Овладение в инженерном ВУЗе профессиональными компетенциями, происходящее в процессе освоения узкоспециализированных научно-технических и инженерных дисциплин - это задача безусловно важная, необходимая, но не единственная.

Не менее важно вместе с этим для студента-будущего специалиста-инженера развивать в себе в ходе освоения социально-гуманитарных дисциплин в инженерном ВУЗе личностно-мировоззренческие и гражданские качества и компетенции широкого спектра.

Личность инженера, подготавливаемого в инженерном ВУЗе и профессионально входящего в структуру аэрокосмического комплекса страны, не должна рассматриваться лишь узкофункционально, в отрыве от его социально-гуманитарных и гражданских качеств. С этой целью обучающиеся в инженерных ВУЗах Российской Федерации изучают такие дисциплины, как «История Отечества», «Философия», «Социология» и ряд других, позволяющих выработать молодому поколению россиян гражданскую позицию, сформировать научное мировоззрение, без которого невозможно стать инженером, научиться с уважением относится к истории своей страны и, поняв ее прошлое, почувствовать себя личностью в профессиональном и гражданском отношении, способной формировать ее перспективное будущее.

Необходимо также для успешной самореализации в профессии инженера и высококачественного участия в решении задач, стоящих перед аэрокосмическим комплексом страны, овладение такими широкоспектральными компетенциями, как коммуникативные.

Начинается это освоение в ходе подготовки будущего молодого специалиста-инженера аэрокосмического комплекса уже в ВУЗе на производственных практиках. Это давняя традиция, которая успешно реализуется в современных условиях в Московском Авиационном Институте, когда студент, порой уже студент-целевик, получает возможность почувствовать себя деятельной единицей на предприятиях, в КБ аэрокосмического комплекса. Этот процесс не заканчивается вручением диплома инженера по окончании ВУЗа. Он должен продолжаться при вхождении в профессию на самих предприятиях и в КБ.

Там молодому инженеру, недавно получившему диплом, еще предстоит освоить свой социальный статус, действующий при выполнении молодым специалистом-инженером своей профессиональной деятельности, предстоит продолжать совершенствовать свои умения коммуникативного взаимодействия, точнее, делового взаимодействия в своем профессиональном инженерном сообществе на предприятии или в конструкторском бюро.

Это позволит также успешно психологически интегрироваться в коллектив единомышленников, даст почувствовать, ощутить себя частью единого целого, выполняющего большие задачи.

Все это, безусловно, повысит его профессионально-личностную мотивацию, позволит гораздо успешнее реализовать свои профессиональные инженерные компетенции на предприятиях и в КБ, что в конечном итоге отразится на улучшении качества выпускаемой продукции, на успешном решении задач, стоящих перед аэрокосмическим комплексом страны.

Духовно-нравственное воспитание личности – условие развития научно-технического потенциала предприятий аэрокосмического комплекса

Мироненко Е.Г.
Научные руководители – доцент, к.э.н. Величко А.В., доцент, к.э.н. Ковалева Н.Н.
Филиал «Взлёт» МАИ, каф. А31
kanfeta_13309@mail.ru

В настоящее время особое внимание уделяется проблеме эффективного развития высокотехнологичных отраслей промышленного производства. Особое место в сегменте наукоемких отраслей промышленности РФ занимает производство авиационной и космической техники.

Главной движущей силой развития аэрокосмического комплекса является целенаправленно подобранный, профессионально подготовленный и мотивированный персонал или кадровый ресурс.

Одним из основных направлений развития кадрового ресурса является превентивная подготовка (в ходе обучения в институтах) талантливой, перспективной молодежи по востребованным в институте специальностям, духовно-нравственное развитие и воспитание личности.

В целях инновационного развития предприятий аэрокосмического комплекса России необходима подготовка ответственных специалистов, способных к активности, самостоятельности, инициативе, социализации, обладающих высокой нравственностью, духовной культурой, умеющих творчески решать различные вопросы и адаптироваться в быстроменяющихся условиях производства. В связи с этим задача духовно-нравственного воспитания будущих инженеров имеет чрезвычайную значимость, а выбранная тема исследования является актуальной.

Содержание духовно-нравственного развития и воспитания личности определяется в соответствии с базовыми национальными ценностями и приобретает определённый характер и направление в зависимости от того, какие ценности общество разделяет, как организована их передача от поколения к поколению. Эффективности работы воспитания содействует мониторинг качества воспитания, который поможет своевременно выявить проблемы в формировании личностных ценностей обучающихся, в организации воспитательной работы и своевременно организовать коррекционную работу.

Исходя из педагогических задач воспитания, необходимо способствовать повышению активности личности будущих молодых специалистов в собственном формировании и включению ее в самовоспитание, которое является средством эффективного самосовершенствования личности и подготовки к профессиональной деятельности.

Для каждой профессиональной категории студентов можно говорить об определенной специфике цели воспитания. Вместе с тем существует общий стратегический подход, сущность которого заключается в максимальном овладении студентами материальными и культурными ценностями, научными и техническими достижениями и др.

Воспитательная работа является важнейшим компонентом образовательной деятельности филиала «Взлет» МАИ, рассматривается как неотъемлемая часть профессионального и личностного становления будущих специалистов. Целеполагающей основой воспитательной работы в филиале является создание благоприятных условий для личностного и профессионального формирования выпускников, сочетающих в себе глубокие профессиональные знания и умения, развитые социально-управленческие навыки с высокими моральными и патриотическими качествами, духовной зрелостью, обладающих правовой и коммуникативной культурой, способных к творческому самовыражению и активной гражданской позиции.

Совершенствование организационной культуры предприятия ракетно-космической отрасли

Митюкова Е.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Перкова Е.П.
МАИ, каф. 009
katerinamityukova@yandex.ru

Наибольший подъем отрасли ракетно-космической промышленности произошел в последние годы в результате реализованной стратегии развития ракетно-космической промышленности на период до 2015 г., а также стабильного повышения бюджетного финансирования. Несмотря на достижения, неутешительным остается тот факт, что с момента развертывания «Федеральной космической программы «2006-2015» (ФПК) увеличилось количество аварий и нештатных ситуаций. Кроме того, количество новых разработок, вводимых в эксплуатацию, в аэрокосмической промышленности продолжает уменьшаться. Нужно сказать, что в данный момент отрасль в целом находится в глубоком системном кризисе, причины которого состоят в технологической отсталости и изношенности оборудования в космической промышленности, отсутствии «единой технической политики» в отрасли, а также в «кадровом провале». Актуальность выбранной темы состоит в том, что по итогам ФПК «2006-2015» произошла модернизация и переоснащение ракетно-космической промышленности, однако сама сущность предприятий не была изменена. В СССР при плановой экономике существовала система госзаказов, и между предприятиями отсутствовала конкуренция, однако сейчас, в условиях свободного рынка, они вынуждены соперничать даже за госзаказы внутри отрасли. При этом методы управления, которые использовались ранее, не соответствуют требованиям изменившегося рынка, и именно отсюда вытекает проблема неспособности предприятий достичь необходимых в отрасли показателей. Организационная культура является связующим звеном между внешней средой организации и ее целями. Именно планомерное регулярное управление организационной культурой может позволить выполнить задачи, которые ставит перед предприятиями отрасль.

Исследование было проведено в рамках ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», в котором на данный момент реализуется «Программа стратегических преобразований» (ПСП), нацеленная на изменение различных аспектов жизнедеятельности организации для выполнения задач ФКП «2016-2025». Основной акцент в данный момент делается на смену организационной структуры, обновление персонала и разработку системы KPI (Key Performance Indicators - ключевые показатели эффективности), хотя для данного предприятия является достаточно актуальной проблема построения эффективной организационной культуры. В связи с тем, что об этом аспекте в ПСП не упоминается, возникла необходимость исследовать его. Для оценки состояния организационной культуры НПО были использованы следующие методы: анкетный опрос, основывающееся на методике «ценностных ориентаций» М. Рокича и методике «OCAI» К. Камерона и Р. Куинна, интервью с начальником отдела обучения и развития персонала, анализ документов. В ходе исследования был получены данные, на основе которых был сделан вывод о характере проблем, существующих в НПО им. С.А. Лавочкина на данный момент. Кроме того, был предложен комплекс мероприятий, направленных на повышение трудового потенциала организации, увеличение лояльности сотрудников к предприятию, сплочение коллектива и поддержание корпоративного духа персонала. Осуществление данных мероприятий позволит НПО интегрировать интересы работников и организации, изменить отношение сотрудников к труду, создать дружный коллектив, раскрывающий потенциал каждого человека, и в конечном итоге достигнуть поставленных в программе целей.

Внедрение бережливого производства на предприятиях аэрокосмического комплекса

Негруца А.А.
Научный руководитель – доцент, к.п.н. Стульник Т.Д.
МАИ, каф. 009
vyhrova2@gmail.com

Бережливое производство сегодня повсеместно признается как наиболее эффективный, надежный и малозатратный путь компаний к выходу из кризиса и повышению конкурентоспособности. Набор инструментов и методов, применяемых в рамках реализации бережливого производства, позволяет без значительных затрат повысить производительность, улучшить качество продукции или услуг, сократить издержки, время производственного цикла, а также устранить потери любой деятельности, которая потребляет ресурсы. Бережливое производство — это инновационный подход к менеджменту и управлению качеством.

В настоящее время в практике управления российскими предприятиями отмечается тенденция недостаточной инновационной активности. Особенности функционирования промышленного аэрокосмического комплекса России таковы, что, несмотря на наличие предприятий, технические возможности которых позволяют осуществлять производство качественной продукции, бюрократизированная система управления, низкая ориентированность на потребности рынка и потребителя, несбалансированность производственных процессов, длительный производственный цикл, а также множество издержек, привели к тому, что лидирующие позиции среди производителей соответствующих товарных групп занимают аналогичные зарубежные предприятия.

Посредством внедрения на предприятиях аэрокосмического комплекса инструментов и принципов бережливого производства будет достигнут качественно новый уровень эффективности производства, достижение стабильности финансово-экономического положения, увеличение прибыли, уменьшение число дефектов продукции, сокращение всех видов потерь, начиная от потерь перепроизводства и излишней обработки и заканчивая потерями при транспортировке.

Однако, применяя концепцию бережливого производства в корпорации, можно столкнуться с рядом проблем, как в организационной области, так и в ценностно-содержательной, которая связана напрямую с персоналом организации, его корпоративной культурой и философией. Без грамотного подхода внедрение бережливого производства не будет эффективным. Важным условием является то, что новой философией организации должны проникнуться все сотрудники предприятия, и, соответственно, действовать в команде, как единое целое, преследуя общую цель. Без понимания пользы и выгод от внедрения бережливого производства это невозможно, поэтому первостепенным будет организация обучения «бережливому производству» сотрудников организации. Преодолев этот этап, последующим шагом станет постепенная переориентация на новую модель производства, прикладное применение полученных знаний и принципов бережливого производства.

Особенности отношения студентов целевого обучения к работе в ПАО «РКК «Энергия» им. С.П.Королёва» после окончания МАИ

Новик М.Н., Пронькин А.А.
Научный руководитель – доцент, к. психол. н. Кочнева Л.В.
МАИ, каф. 009
sashapronkin1994@mail.ru

Практика целевого направления в вуз сохранилась ещё со времён Советского Союза. В девяностые годы из-за массового закрытия предприятий «государственный заказ» на специалистов потерял актуальность. Но в последние годы всё большее количество абитуриентов решает воспользоваться возможностью целевого обучения,

обеспечивая себе, таким образом, и более комфортные условия поступления, и гарантию дальнейшего трудоустройства.

Целевое направление — это своеобразная официальная просьба государства (на уровне местной администрации) или заинтересованного работодателя, адресованная вузу. Оно даётся персонально, только в один вуз и на одну специальность. В свою очередь студент, получивший образование по целевому направлению, обязывается отработать на благо государства или в определённой организации обычно от трёх до пяти лет.

Получая целевое направление, абитуриент решает сразу две задачи. Во-первых, значительно облегчается процедура поступления. Как правило, конкурс среди поступающих по целевому направлению гораздо ниже, чем на ту же специальность, но в основном потоке. Поэтому для успешного поступления требуется меньшее количество баллов по ЕГЭ. Во-вторых, обучение по целевому направлению должно быть бесплатно. Еще одним немаловажным аспектом является дальнейшее трудоустройство студента.

Наиболее часто абитуриенты берут целевое направление только для поступления в вуз. Работа на предприятии их не привлекает. За отказ «отработки» нескольких лет после окончания вуза студенты не несут никаких обязательств.

Похожая ситуация сложилась в ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва». Предприятие испытывает потребность в молодых специалистах, направляет на целевое обучение абитуриентов, ожидает их прихода на работу после окончания МАИ. Однако этого не происходит.

Для выяснения привлекательных сторон работы в РКК «Энергия» проводился анкетный опрос студентов 2-х и 3-х курсов МАИ. В исследовании приняло участие 127 студентов 2.4.6,7 факультетов, а также студентов РадиоВтуза. Были получены следующие результаты.

87% опрошенных согласны, что работа, связанная с разработкой и производством космической техники, интересная; есть возможность реализовать свои возможности и таланты (61%). 87% респондентов считают, что комфортно работать в коллективе, где для персонала являются нормой атмосфера взаимного уважения, вежливое и корректное общение, соблюдение иерархии, почитание авторитетов. 89% в трудовых отношениях ценят ориентир, прежде всего, на поддержание отношений сотрудничества, взаимопомощи и достижения коллективных целей; 82% готовы выполнять рутинную работу и относиться к ней ответственно; 71% готовы долго и упорно работать над большим проектом в условиях возможности неудачного исхода и нехватки информации, пока он не будет завершен; 55% принимают как норму связь карьерного роста с «выслугой лет», приобретением высокой квалификации и сложности сделать карьерный скачок. Однако затруднились ответить на вопрос о престиже работы в РКК «Энергия» 64%; о возможности достичь успехов в профессиональной деятельности - 45%; об оказании отрицательного воздействия на здоровье персонала - 45%; о привлекательности стимулирующей системы мотивации персонала - 67%; о направленности социальной системы корпорации на решение проблем сотрудников - 67%.

Это демонстрирует необходимость налаживания более тесных отношений РКК «Энергия» со студентами для формирования у них заинтересованности и лояльности к корпорации.

Проблемы профессиональной подготовки кадров в аэрокосмическом комплексе

Оберемок Д.Ю.
Научный руководитель – преп. Картушина Н.В.
МАИ, каф. И-06
prowert@bk.ru

На сегодняшний день одной из самых актуальных проблем аэрокосмического комплекса является подготовка квалифицированных кадров. По мнению специалистов, данное явление связано с глобальными тенденциями развития современного общества.

Как считают эксперты, первой проблемой, которая связана с объемом подготовки кадров, является отсутствие целостной системы взаимодействия высокотехнологичных предприятий и высших образовательных учреждений. Необходимо обратить внимание на тот факт, что для отечественного рынка проблемным вопросом является не столько нехватка труда как дефицита рабочей силы, сколько нехватка профессионально-ориентированных специалистов.

Не менее важной проблемой, связанной с подготовкой квалифицированных кадров, является процесс старения советского кадрового состава и его неспособность соответствовать новым требованиям в связи с повышением научно-технического уровня и конкурентоспособности разработок, внедрением новых методов и расширением контактов с зарубежными странами для увеличения целевой и экономической эффективности. В этой связи можно сделать неутешительный вывод – недостаток высококвалифицированных кадров на рынке труда является серьезным препятствием на пути дальнейшего процветания страны.

На сегодняшний день вузовские программы составлены без учета реальных требований производства, что приводит к противоречиям между ожиданиями работодателей и возможностями выпускаемых специалистов. Сказывается отсутствие организаций и структур по подбору персонала и поиску работы, которые учитывали бы практическую производственную специфику.

Первым шагом на пути решения проблем в подготовке кадров должно стать создание высокопроизводительных рабочих мест. Акцент необходимо сделать на подготовке конкурентоспособных кадров, которые могут составить конкуренцию на мировом уровне и дать толчок развитию высокотехнологичных машиностроительных производств.

Пристальное внимание стоит обратить на проект создания выездных кафедр на предприятиях, где подготовка специалистов могла бы осуществляться непосредственно на рабочих местах без отрыва от производства. Также вызывает большой интерес внедрение контрактной системы подготовки специалистов с применением схемы «вуз – студент – предприятие». Не менее важным моментом является развитие факторов социальной поддержки будущих инженеров и рабочих. Так, квалифицированным кадрам высокотехнологичных отраслей промышленности на период прохождения ими военной службы должны быть сохранены рабочие места.

Подготовка и развитие кадрового потенциала именно в такой высокотехнологичной отрасли как аэрокосмическая промышленность должны стать приоритетами государственной кадровой политики.

Формирование процедуры оценки трудового потенциала персонала на предприятии ракетно-космической отрасли

Поднебесная А.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Коломоец Е.Н.
МАИ, каф. 009
Podnebesnaya-a@mail.ru

Для того чтобы предприятие производило конкурентоспособную продукцию или предоставляло качественные услуги необходимо определить квалификационный уровень персонала, который будет отвечать современным требованиям. Эти требования включают в себя умение учитывать меняющиеся условия внешней среды, инициативность, широкий кругозор, стремление к саморазвитию и способность действовать в соответствии с заданной стратегией.

На предприятии «НПО им. С.А. Лавочкина» - ведущем предприятии ракетно-космической отрасли России - трудятся специалисты высокой квалификации, обладающие большим опытом разработки и эксплуатации космических и наземных систем широкого спектра назначения, которые являются неотъемлемой частью организации. Однако всестороннего анализа кадрового потенциала не проводится и специальные методики его оценки не используются. Поэтому для предприятия актуально изучить имеющийся

кадровый потенциал, оценить его текущее состояние и разработать предложения по формированию системы управления кадровым потенциалом с целью более эффективного использования человеческого фактора производства.

Для решения поставленных задач необходимо учитывать особенности исследуемого предприятия: отраслевую специфику (речь идет о высокотехнологичном предприятии), территориальное размещение (Московская область), специфику производимой продукции или предоставления услуг (разработка и изготовление космических аппаратов), кадровый состав (высококвалифицированные специалисты, при этом значительная доля работников - лица пенсионного и предпенсионного возрастов), наличие развитой социальной инфраструктуры (дома отдыха, профилактории, спортивные сооружения и т.п.), стиль управления и другие.

Кроме того, важно проанализировать возможности и ограничения в применении критериев оценки трудового потенциала. Они во многом связаны с направлениями деятельности и особенностями кадрового состава предприятия. После этого разработать методику, которая будет подходить конкретному предприятию. В итоге методика должна представлять из себя взаимосвязанную систему оценки конкретных показателей. В ней должны содержаться: подробное описание, документационное сопровождение и рекомендации по ее применению. Затем методика апробируется на конкретном примере (это может быть подразделение предприятия), проводится оценка персонала, собираются данные для дальнейшей доработки методики. Баллы, присвоенные каждому работнику по окончании оценки, определяют направление развития трудового потенциала работника. Высокие баллы говорят о целесообразности выбора количественного развития трудового потенциала. А недостаточный уровень развития компетенций работника будет показывать необходимость в применении качественного развития трудового потенциала.

В результате совокупность всех оценок работников покажет уровень развития трудового потенциала организации и позволит определить направления его совершенствования.

Социально-психологические проблемы освоения космоса

Помазкин Н.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Павлова Т.П.
МАИ, каф. 001
nik4254@yandex.ru

Космос является одним из главных рубежей человечества. Освоение космического пространства – это одна из самых значимых задач, что стоят перед нами. Подбор и создание команды для полёта является сложным и необходимым процессом. В связи с возникновением новых, исключительных вопросов, во время освоения космоса, было образовано новое направление науки — космическая психология.

Космическая психология как ответвление общей психологии (теоретической и экспериментальной), и авиационной психологии в частности, начала формироваться на базе достижений философии, социологии, педагогики, физиологии, медицины, которые в большей или меньшей мере касались самой сути функционирования психики человека в процессе его трудовой деятельности.

На Международной Космической Станции (МКС) астронавтам и космонавтам необходимо создать цельный организованный экипаж, невзирая на очевидно существующие различия в опыте, подготовке, сроках пребывания и зонах проживания на станции и транспортном корабле. Регулярное тестирование во время полета смогло показать динамику развития взаимоотношений в команде при длительном полете, улучшить систему психологической поддержки и конкретизировать рекомендации к психологическому подбору и подготовке экипажа.

В анализе пребывания в экстремальных условиях долговременного космического полета отмечено влияние таких факторов как: 1) принципиальных для профессиональной культуры космонавтов качеств, создающих условия для успешной деятельности: интеллекта, энергичности, ответственности, самоконтроля, решительности, скорости

реакции; 2) характеристики социабельности (отзывчивость, терпимость); 3) свойства эмоциональной стабильности, обеспечивающих нормальные взаимоотношения с людьми в экстремальных условиях изоляции.

В случае возникновения сложной ситуации в условиях космоса этот этнический фактор может сыграть роль “взрывоопасного катализатора” в межличностных взаимоотношениях членов экипажа. Влияние этнического фактора на работу космонавтов мало изучено. Однако, и новая Лунная программа, и активно развивающаяся Марсианская программа, обязательно будут включать в себя исследование этнического (национального) вопроса для снижения риска сверхдлительных межпланетных миссий.

Однозначно, залог стабильности кросс-национальных космических экипажей – это интеграция с историческим культурным опытом, внимание к “подсознательной памяти” о народных традициях и укладах, обеспечивающих комфортное психологическое сосуществование. Следует учитывать, что в подготовке членов экипажей к каждому космическому полету индивидуально подбираются почти все составляющие быта. Всё это создаёт основы максимально комфортного сосуществования полиэтнического экипажа посредством воздействия на этническое бессознательное.

К концу XX века увеличились масштабы международного сотрудничества и соперничества в области прикладного исследования и освоения космоса. Стремительно коммерциализируется сама космическая деятельность.

Итак, при разработке основных методических основ освоения космоса следует учитывать, что участники космических экспедиций являются людьми разных национальностей, гражданами различных государств и тщательно подходить к вопросам их подбора и взаимодействия.

МАИ в системе подготовки кадров аэрокосмической отрасли России

Сботова Я.
Научный руководитель – доцент, к.и.н. Вельможко И.Н.
МАИ, каф. 002
ysbotowa@mail.ru

Российская Федерация является одним из лидеров аэрокосмической отрасли, развитие которой имеет очень важное значение для экономики и науки любого государства. Вместе с тем на современном этапе для сохранения конкурентоспособности стране приходится прилагать максимум усилий для модернизации предприятий, разработке инновационных технологий. Для решения этих задач необходимы хорошо подготовленные и мотивированные конструкторские и инженерные кадры. Московский авиационный институт - это ведущих вуз страны, который осуществляет подготовку специалистов для аэрокосмической отрасли. Созданный в 1930 г., МАИ прошел путь от факультета МГТУ им. Баумана до Национального исследовательского университета. В настоящее время на 12 факультетах, в 9 институтах (на правах факультетов) и 5 филиалах МАИ обучаются более 22 тыс. человек. Обучение по 670 образовательным программам осуществляют почти 2 тыс. преподавателей. Но фактически для многих студентов обучение в МАИ начинает задолго до поступления в вуз. В МАИ работает факультет довузовской подготовки, проводятся «Университетские субботы», на которых школьники узнают об образовательных программах института и особенностях студенческой жизни. Московский авиационный институт организует профильные тестирования и мастер-классы для выбора школьниками будущей специальности. Большую роль в подготовке абитуриентов играет физико-математическая школа, много лет работающая в вузе. Школа-экстернат помогает ребятам подготовиться к сдаче экстерном экзаменов по физике, математике, информатике, литературе и русскому языку, а также к сдаче ЕГЭ. 90% выпускников подготовительных курсов становятся студентами МАИ, поступая на бюджетные места. МАИ вошёл в число 13 московских вузов, участвующих в образовательном проекте «Инженерный класс в московской школе».

Помимо учебных занятий в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете), ведётся большая исследовательская работа. Институт

имеет конструкторское бюро, ресурсные и научно-исследовательские центры, аэродром, опытно-экспериментальный завод.

Сегодня важно не только заинтересовать молодёжь, дать ей профессиональное образование, но и добиться того, чтобы выпускники аэрокосмических вузов после получения дипломов шли работать по выбранной специальности. Для решения этой задачи в 1996 г. в МАИ был создан Центр трудоустройства для помощи в поиске работы его выпускникам и адаптации студентов к рынку труда. С Центром сотрудничают более 200 компаний-работодателей, которые заинтересованы в привлечении выпускников МАИ на свои предприятия. Ежегодно проводится «Аэрокосмический форум» с «Ярмаркой вакансий» и семинары для студентов по успешному трудоустройству. С 2014 г. функционирует Аэрокосмический клуб работодателей.

Таким образом, Московский авиационный институт занимает важное место в системе подготовки кадров для аэрокосмической отрасли страны, последовательно и успешно реализует государственную стратегию по развитию эффективных образовательных технологий.

Престижность профессии инженера с точки зрения студентов МАИ

Семенова Т.В.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Коган Е.А.
МАИ, каф. 009
Semenovatanya1@mail.ru

В конце 80-х и в начале 90-х годов XX века в России произошел кризис всех сфер жизни общества и государства, который также коснулся социально-профессиональной структуры российского общества. Молодые люди, выбирающие себе будущую профессию, пересмотрели шкалу престижа тех или иных видов деятельности. Стали пользоваться популярностью профессии в сфере экономики, так как именно они позволяли повысить свое материальное положение и обеспечивали стабильность. Деятельность в качестве инженера стала менее привлекательной из-за её невостребованности на рынке труда, а также из-за низкого уровня обеспечения промышленных отраслей государством.

Но в последние годы можно наблюдать тенденцию восстановления высокого статуса инженерно-технических профессий, а также рост интереса выпускников школ к учебе именно в технических вузах. Этот факт связан, прежде всего, с повышением темпов роста и развития промышленности в России.

С целью выявления отношения студентов к работе в качестве инженера методом анкетного опроса были опрошены студенты Московского авиационного института, обучающиеся на инженерных специальностях.

В ходе исследования были выявлены две основные причины выбора респондентами профессии инженера: способность к техническим наукам и интерес к инженерной деятельности. Следует также отметить, что такие школьные предметы как, алгебра, геометрия, физика и информатика были легкими для усвоения среди будущих студентов.

Следует также отметить, что респондентов в какой-то степени подтолкнули к выбору профессии их родители, большинство которых инженерами не являются.

Но для успешного выполнения своих функций современный инженер должен обладать не только совокупностью общих и специальных знаний, навыков и умений, но и определенными качествами личности, обеспечивающими плодотворную работу в команде разнопрофильных специалистов. К ним относятся ответственность, терпение, находчивость, трудолюбие и усидчивость.

Студенты также отметили, что основными преимуществами в профессии инженера будут знания о технологиях и принципах работы различных механизмов, универсальность этих знаний, а также востребованность самой профессии на рынке труда.

Но помимо преимуществ, были выявлены и трудности данной профессии. К ним относятся высокая ответственность, низкая заработная плата, сложность обучения в ВУЗе, большой объем необходимых знаний.

В ходе исследования было выявлено, что уровень заработной платы инженеров на предприятиях не устраивает более половины студентов МАИ, они считают, что его нужно повышать. Но при этом почти большинство опрошенных студентов готовы и хотят работать по выбранной специальности.

Совершенствование процесса адаптации молодых специалистов на производственном предприятии

Серикова К.Н.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Коган Е.А.
МАИ, каф. 009
k_ser@bk.ru

Адаптацию молодых специалистов можно определить, как процесс вхождения в новую рабочую обстановку, в которой индивид и рабочая среда взаимодействуют друг с другом, создавая новые отношения внутри коллектива.

Сотрудники предприятия активно включаются в систему профессиональных, социальных и психофизиологических отношений на предприятии, осваивают новые правила, нормы и ценности в организации, т.е. приспосабливаются к новому статусу, которому соответствуют определенные функции и определенная микросреда.

Успешная адаптация молодых специалистов зависит от трёх компонентов:

1. отношений в коллективе;
2. отсутствия/наличия конфликтов;
3. эффективной программы адаптации.

В рамках исследования был проведен анализ эффективности адаптации персонала на Красногорском заводе им. С.А. Зверева.

Опрос показал, что социально-психологический климат в рабочем коллективе в целом благоприятный для социальной адаптации работников.

Тем не менее, многие сотрудники имеют различные проблемы, связанные с адаптацией. Так, более половины 58% респондентов сталкиваются с трудностями в освоении своих обязанностей, около 40% отметили проблемы во взаимоотношениях с коллективом, более четверти (28%) не смогли наладить отношений с наставником. Лишь 22% работников адаптировались на предприятии без каких-либо трудностей.

Адаптация начинающего работника зависит от отношений с коллективом. Треть опрошенных (33%) отметили наличие конфликтов с сотрудниками, каждый пятый - с линейным руководителем, около половины сотрудников (47%) не сталкивались с конфликтами. Те, кто не сталкивался с конфликтами, адаптировались на предприятии быстрее, их адаптация чаще всего длилась менее 3-х месяцев. А при наличии конфликтов адаптация чаще всего продолжалась более трех месяцев. Это говорит о том, что отсутствие конфликтов положительно сказываются на адаптации молодых специалистов.

Персонал предприятия укрупненно можно разбить на три группы: административно-управленческий персонал, инженерно-технический персонал и основные и вспомогательные рабочие. Существующая на ПАО КМЗ система адаптации молодых специалистов наиболее эффективно работает на закреплении инженерно-технических кадров и административно-управленческого персонала. Это видно из анализа текучести данной категории персонала, она составляет менее 10% для ИТР и менее 5% для АУП, что является нормой для данной отрасли промышленности. Тогда как текучесть кадров среди молодых специалистов составляет более 20%.

В связи с этим нужно усовершенствовать существующую на предприятии программу адаптации. В качестве рекомендаций по совершенствованию предлагается: в административно-управленческий отдел нанять сотрудника, который будет заниматься процессом адаптации; доработать процесс вхождения в должность; расширить программу адаптации на предприятии с целью охвата всех категорий сотрудников.

Разработка эффективной программы адаптации персонала на заводе может способствовать получению значимых результатов для предприятия, таких как: уменьшение числа увольнений, сокращение времени, освоение сотрудником своих профессиональных обязанностей, снижение временных затрат на адаптацию нового сотрудника, а так же уменьшение конфликтных ситуаций на предприятии.

Совершенствование системы послепродажного обслуживания на ПАО «Туполев»

Сидоров В.С.
Научный руководитель – к.э.н. Полищук Н.В.
МАИ, каф.009
Freon.five@yandex.ru

Послепродажное обслуживание - совокупность услуг, оказываемых потребителям после приобретения ими продукта изготовителя (монтаж, наладка, поставка запасных деталей, различные виды ремонта, обучение и т.д.). Оно является существенной характеристикой любой из современных авиационных компаний, ибо наличие развитой логистической системы с центрами технического обслуживания и ремонта по всему миру, удобной системы онлайн-заказов и качественными покупными комплектующими изделиями даёт явное преимущество той компании, где всё вышеперечисленное наиболее развито.

Актуальность темы исследования состоит в том, что эффективная и мощная система послепродажного обслуживания гарантированно обеспечивает компании место на мировом рынке.

Целью исследования является изучение проблем в послепродажном обслуживании отечественной авиационной отрасли на примере ПАО “Туполев” и разработка мер повышения конкурентоспособности компании.

ПАО «Туполев» – крупнейший разработчик авиационной техники, занимающийся проектированием, производством и испытаниями летательных аппаратов различного назначения, созданием и внедрением новых технологий для их производства, обеспечением эксплуатации и послепродажного обслуживания самолетов, подготовкой экипажей в учебном центре.

Для достижения поставленной цели были использованы следующие методы исследования: анализ документов, анализ организационной структуры, анализ кадровой структуры, анализ бизнес-плана ПАО “Туполев”, интервью с руководителем практики, экспертный опрос сотрудников отдела, SWOT-анализ и конкурентный анализ.

Послепродажное обслуживание, осуществляемое ПАО “Туполев” в данный момент реализуется в основном в военной авиационной отрасли, а также на парке гражданских воздушных судов Ту-134 и Ту-154.

Система послепродажного обслуживания на ПАО “Туполев” имеет следующую последовательность:

1. Эксплуатирующая организация обращается в Дирекцию по послепродажному обслуживанию авиационной техники гражданского и специального назначения.
2. Дирекция по послепродажному обслуживанию авиационной техники гражданского и специального назначения составляет план-график выполнения работы и направляет исходные данные (план-график, перечень соисполнителей, объёмы испытаний и так далее) в Дирекцию по организации договорной работы.
3. Дирекция по организации Договорной работы подготавливает, согласовывает (в том числе у военного представителя при необходимости) и утверждает у Генерального директора Договор, далее отправляет его Заказчику.
4. После подписания Договора Заказчиком, Дирекция по послепродажному обслуживанию авиационной техники гражданского и специального назначения выдает плановое задание с указанием номера заказа для отнесения затрат в подразделения ПАО «Туполев», ответственным за техническое выполнение работы (центральное конструкторское бюро, Главные конструктора, Жуковская Лётно-Испытательная и Доводочная База, Казанский Авиационный Завод им. С.П. Горбунова).

5. После завершения работы, оформляется Акт сдачи-приемки выполненных работ, Договор, заказ и план-график закрываются. Работа считается выполненной.

Основные проблемы современной российской науки

Титишов М.В., Фертиков А.О.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Петруня О.Э.
МАИ, каф. ТППДЛА
Massdizel@yandex.ru

Предназначение отечественной науки и технологий состоит в обеспечении устойчивого развития русской нации и достижении лидирующего положения России в мире. Отечественные научные и инженерные школы должны эффективно решать не только свои собственные локальные задачи, но и задачи социально-экономического развития и обеспечения безопасности всей страны, а вслед – и всей цивилизации.

Это необходимо, поскольку исторически сложилось, что не может быть никакой другой страны, превосходящей Россию, как гаранта прогрессивного нефиналистичного развития цивилизации. Отечественная наука и новый технологический уклад обязаны соответствовать высочайшему уровню этой глобальной роли нашей страны.

Однако последние 25 лет российская наука не ставила перед собой подобные фундаментальные цели, ограничиваясь спектром куда более примитивных прикладных и теоретических исследований, служащих зачастую лишь поддержанию существования и воспроизводству устаревающего технологического уклада. Это приводит к тому, что превентивно не решены такие потенциальные проблемы, как: пресечение терроризма и агрессий, дефицит здоровой доступной пищи, отсутствие перехода на альтернативную энергетику, ограниченное производство качественной питьевой воды, неконтролируемая биологическая и экологическая угроза цивилизации на огромной планетарной территории.

Только решение таких проблем позволяет считать развитие цивилизации разумным и “нефиналистичным”. Оценивать деятельность российской науки следует именно на фоне достижений в решении этих проблем, так как любые иные научно-технические разработки при условии отсутствия гарантии сохранения и дальнейшего устойчивого развития цивилизации справедливо можно считать неэффективной тратой ресурсов и времени.

При всем колоссальном научно-промышленном потенциале страны, в нынешней высшей научной и инженерной сфере существует ряд внутренних проблем, сдерживающих их эффективную научно-производственную деятельность:

- большинство основных направлений исследований и разработок являются актуальными лишь для последних десятилетий прошлого века, либо ориентированы на интересы западных транснациональных компаний;
- непоследовательность, неспособность сформулировать и реализовать научные и инновационные приоритеты научным руководством и вышестоящими организациями;
- высокая бюрократизация и коррумпированность научных институтов;
- низкая конкурентная способность и имидж научной деятельности;
- идеологическая обработка и догматизм научных сотрудников;
- невосприимчивость экономики и общества к инновациям;
- слабое взаимодействие НИР и ОКР с реальным сектором экономики;
- отсутствие адекватных стимулов научно-технологического развития.

Все эти негативные факторы и тенденции, а также косность, консерватизм и зачастую коррумпированность нынешних высших научных и инженерных организаций, деятельность которых заключается в тиражировании прошлых достижений и списании за них полновесных вознаграждений из бюджета, создают риски отставания России от мировых технологических лидеров и обесценивания внутренних инвестиций в сферу науки и технологий, снижают независимость и конкурентоспособность России в мире, ставят под угрозу обеспечение национальной безопасности страны.

Совершенствование процесса обучения персонала
(на примере ФГУП «Организация Агат»)

Третьяк И.В.
Научный руководитель – доцент, к.п.н.Ткаченко Т.В.
МАИ, Каф.009
tretyak.igor2015@yandex.ru

В настоящее время важнейшей задачей для любой организации является поиск эффективных способов управления трудом и обучения своего собственного персонала. Обучение сотрудников является одним из основных средств обеспечения оптимального использования человеческих ресурсов, мобилизации имеющегося кадрового потенциала предприятия, что и рассматривается в качестве приоритетного направления деятельности ФГУП «Организация Агат». Однако, несмотря на мощный научный потенциал и высококвалифицированные кадры, в настоящее время существующая внутрикорпоративная система обучения персонала ФГУП «Организация АГАТ» не соответствует требованиям современных стандартов внедряемых в области обучения персонала.

Целью работы является разработка и внедрение мероприятий по совершенствованию процесса обучения персонала ФГУП «Организация Агат».

Объектом исследования является процесс внутрикорпоративного обучения персонала ФГУП «Организация Агат».

Предметом исследования являются требования современных образовательных стандартов к внутрикорпоративному обучению персонала.

В результате проведения исследования было выявлено, что потребности работников ФГУП «Организация Агат» во внутрикорпоративном обучении не удовлетворяются должным образом, а именно: сотрудникам не понятны существующие цели и задачи в обучении, также, по мнению большинства сотрудников, сама система обучения не способствует дальнейшему развитию их профессиональных и личностных качеств. Одновременно в ходе проведения исследования было установлено то, что во ФГУП «Организация Агат» полностью отсутствует регламентирование процесса обучения персонала. На предприятии не проводится оценка эффективности обучения, отсутствуют разработанные критерии эффективности. На обучение персонала практически не выделяется никаких ресурсов. Нет положения об обучении сотрудников предприятия. Работники предприятия проходят обучение с отрывом от рабочего места. Отсутствие привязки процесса внутрикорпоративного обучения к обязанностям сотрудников не дает необходимых профессиональных знаний, что ведет к формальному отношению персонала к внутрикорпоративному обучению. На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что руководство наряду с сотрудниками недовольно внутрикорпоративной системой обучения персонала.

Результаты, которые были получены в ходе исследования, позволяют приступить к разработке и внедрению мероприятий, которые будут направлены на совершенствование процесса обучения персонала ФГУП «Организация Агат». Мероприятия позволят повысить эффективность внутрикорпоративного обучения специалистов, сам же процесс обучения будет соответствовать требованиям современных стандартов, внедряемых в область обучения персонала. Таким образом, все предложенные мероприятия в комплексе приведут к экономическим и социальным выгодам для ФГУП «Организация Агат» и ее сотрудников.

Типология возрастных ограничений преподавателей вузов и их влияние на эффективность профессионального обучения студентов (на примере МАИ)

Худякова Н.А., Щеглова Д.Е.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Почестнев А.А.
МАИ, каф. 009
hudyakova.n.95@gmail.com, Lana.scheglova@mail.ru

Переход от индустриального общества в постиндустриальному сопровождается изменением роли информации и коммуникации. Это изменило многие сферы общественной жизни, включая образовательную. Изменение требований к высшему профессиональному образованию происходит не только со стороны государства, но и со стороны работодателей и студентов. Каждый агент образовательного процесса сталкивается со своими проблемами, и формирует свои требования к работе преподавателя вуза. Зачастую эти требования противоречат друг другу. Анализируя нормативы министерства образования, можно обнаружить довольно интересный и спорный момент. Согласно этим нормативам, в вузах должны работать преимущественно преподаватели молодого и среднего возраста, но является ли это предписания адекватным и разделяют ли это мнение студенты – это вопрос, который был поставлен в качестве цели проводимого исследования. Также отметим, что анализ работы преподавателей со стороны студентов также обуславливает актуальность данной работы.

Целью исследования было выявление определенных ограничений, связанных с различным возрастом преподавателей и выявление влияния этих ограничений на эффективность деятельности педагогов в ходе процесса обучения студентов. В основу изучения была положена структурно-функциональная методология. Для определения зависимостей использовался корреляционно-регрессионный анализ. Основу эмпирических данных составляли оценки студентов преподавателей МАИ.

В ходе исследования было зафиксировано несколько закономерностей. Прежде всего, было выявлено, что студенты имеют различные мнения относительно тех качеств, которыми должен обладать эффективный преподаватель и методов, которые должны применяться в ходе осуществления образовательного процесса. Негомогенность групп формирует специфичную образовательную аудиторию, которой довольно трудно управлять преподавателю. Во-вторых, были выявлены некоторые связи между возрастом педагога и характером его преподавания. Однако связи между эффективностью преподавателя и его возрастом обнаружены не были. Это связано с тем, что качества, представляющие собой «идеальный тип» педагога, в полной мере не присутствуют ни в одной из возрастных групп. Одни качества присущи молодежи, другие – преподавателям среднего возраста, а третьи - характерны только педагогам старшего возраста. В связи с этим возникает проблема отсутствия должного уровня обучения. Данная проблема решается путем ухода от стандартизации и унификации профессиональной деятельности педагога, отказа от создания «универсального преподавателя» и переход к идее диверсификации образовательной деятельности, где каждый тип преподавателя в соответствии с возрастом будет реализовывать определенную функцию, а это в свою очередь требует диверсифицировать формы образовательной деятельности.

Внедрение договора гражданско-правового характера в систему найма персонала на предприятиях аэрокосмического комплекса

Цветкова В.Н.
Научный руководитель – к. филос. н., доцент Коломоец Е.Н.
МАИ, каф.009
barbara.fran94@yandex.ru

Система найма персонала позволяет подбирать необходимых специалистов в соответствии с имеющимися вакансиями, а именно - привлекать на вакантные должности предприятия кандидатов, определять их пригодность (непригодность) через систему отбора, заключать с ними контракты или принимать решение об отказе, а также в рамках

системы найма предполагается рациональное использование персонала. Благодаря отлаженной системе найма персонала на предприятии задействованы высококвалифицированные работники.

В рамках предприятий аэрокосмического комплекса квалификация персонала является первоочередным условием качественной работы. Для того, чтобы такое условие выполнялось в полной мере и наём персонала был эффективен, необходимо постоянно совершенствовать систему найма, учитывая различного рода изменения внешней среды предприятия.

Внедрение договора гражданско-правового характера в систему найма персонала позволяет усовершенствовать её, и, вследствие этого, избежать экономических издержек.

Объектом исследования явилось АО «РСК «МиГ». Зачастую руководство предприятия сталкивается с такой проблемой, как отсутствие квалифицированного специалиста, который мог бы решить возникший вопрос. Далеко не всегда целесообразно привлекать в организацию такого специалиста для постоянной работы по трудовому договору. Если проблема носит разовый характер, то намного эффективнее привлечь стороннего специалиста и заключить с ним договор гражданско-правового характера. Все это обусловлено тем, что предметом такого договора является результат труда или оказание услуг в течение определенного срока, в отличие от трудового договора, где предметом являются трудовые отношения.

Также такой вид трудоустройства актуален для предприятий, где проводится оптимизация кадрового состава (в данный момент это осуществляет «РСК «МиГ»). Благодаря договору гражданско-правового характера в рамках оптимизации работник может быть переведен на новую форму трудоустройства, что позволит ему продолжить сотрудничество с предприятием. Такая ситуация позволит руководству предприятия избежать экономических издержек, связанных с поиском новых кандидатов, наймом и увольнением персонала.

Руководству предприятия, решившему использовать договор гражданско-правового характера, необходимо обратить особое внимание на мероприятия, направленные на внедрение этого договора в систему найма персонала на данном предприятии. В число мероприятий по внедрению договора гражданско-правового характера входит анализ качественных и количественных характеристик кадрового состава; исследование особенностей действующей системы найма персонала на предприятии; разработка положений, которые будут регулировать наём персонала по договору гражданско-правового характера; составление формы самого договора гражданско-правового характера.

Проведение мероприятий по совершенствованию системы найма персонала рекомендуется поручить специалисту в этой сфере, который способен учесть все нюансы трудовых отношений между работниками и работодателем. Также при внедрении договора гражданско-правового характера в систему найма персонала на предприятии аэрокосмического комплекса важно помнить о специфике деятельности такого предприятия.

Программа целевого обучения на ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева» как фактор формирования приверженности

Щеглова Д.Е.
Научный руководитель – доцент, к.психол.н. Кочнева Л.В.
МАИ, каф. 009
Lana.scheglova@mail.ru

В настоящее время космическая отрасль является одним из перспективнейших направлений. В конкуренции среди предприятий этого профиля одним из важнейших показателей являются человеческие ресурсы. Молодые специалисты, приверженные предприятию, представляют большой интерес. Под приверженностью понимается эмоционально положительное отношение работника к организации, предполагающее готовность разделять ее цели и ценности, а также напряженно трудиться в ее интересах.

Именно приверженность определяет крепкую основу для формирования кадрового потенциала.

Сегодня очевиден факт острой нехватки приверженных молодых специалистов на предприятиях авиационной промышленности. В этой связи многие ведущие высокотехнологичные предприятия заинтересованы в целевой подготовке высококвалифицированных кадров в вузах. Студенты, зачисленные в рамках целевой контрактной подготовки, вступают в договорные отношения, которые обусловлены отработкой на предприятии от 3-х до 5-ти лет после окончания вуза. Этим предполагается обеспечение преемственности и достойной смены поколений.

Однако далеко не все выпускники идут работать на предприятия, по направлению которых они обучались. Многие увольняются после непродолжительной работы. Программа целевого обучения дает сбои и не обеспечивает предприятия новыми высококвалифицированными кадрами.

Подобная ситуация сложилась в ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва». Предприятие испытывает острую потребность в молодых специалистах, проводит целевой набор в вузах. Однако выпускники, как правило, не возвращаются в ракетно-космическую корпорацию.

Для выяснения причин проводился анкетный опрос среди студентов1-ых и 2-ых курсов целевого обучения. В нем приняли участие 235 студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана (67,6%); МФТИ (9,8%); МГУЛ (7,2%); МАИ (6,0%), а так же других вузов (9,4%).

В результате были получены следующие данные. Всего в МАИ обучаются 1078 студентов от предприятия. В 2016 году по целевому набору по плану должно было поступить 239 человек, но фактически поступило лишь 229 человек. Закончили обучение 159 студентов, и всего лишь 28 вернулись на предприятие. Это можно объяснить тем, что студенты рассматривают целевое направление как более легкий способ поступления в вуз. При этом предприятие оплачивает обучение, для студентов оно бесплатное. Ко всему прочему есть возможность получать стипендию при обучении без троек. Опыт, полученный при прохождении практики, студенты рассматривают как ценный для дальнейшей работы на негосударственных предприятиях, ссылаясь на то, что заработная плата там выше и есть больше возможностей проявить себя и продвинуться по карьерной лестнице. При этом выпускники зачастую устраиваются не на предприятия авиационной промышленности.

Из этого следует, что необходимо провести совершенствование работы предприятия со студентами целевого обучения, как фактора формирования приверженности и возвращения студентов после обучения в вуз.

Особенности привлечения студентов в аэрокосмическую отрасль

Яримака С.К.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Сорокина Н.Д.
МАИ, каф.СиУП
megasvetik1@gmail.com

В настоящее время благодаря развитию технологий и изменениям в финансовой сфере, мир образования меняется быстро и драматично. В России возрастает роль специальностей, связанных, с аэрокосмической отраслью. Это связано с политикой государства, которая стремится возродить аэрокосмическую отрасль. Зачисление студентов по направлениям, связанных с космосом, становится всё больше. Студенты связывают полученное образование с шансами устроиться на работу после окончания университета. В такой ситуации университеты должны найти возможности привлечь новые источники финансирования. С другой стороны, растущее число молодого работоспособного населения предъявляет высшему образованию все более строгие требования, особенно к исследовательской и профессиональной деятельности в ключевых областях науки и техники.

Не исключено, что в ближайшее время высшее образование откажется от бизнес-модели, зависящей от государства, и перейдёт к модели, которая в значительной степени

формируется студенческими и потребительскими запросами. Для того, чтобы процветать и оставаться на плаву в новой ситуации, вузы прилагают все усилия по привлечению студентов в аэрокосмическую отрасль. Так, 33% высших учебных заведений увеличивают количество иностранных студентов, способствуя увеличению среднего класса в глобальном масштабе. 51% университетов серьёзно рассматривают вопрос о расширении своих образовательных услуг на международном уровне, оценивая свои возможности. Они утверждают, что конкуренция между университетами, которая имеет целью принимать и сохранять студентов, становится все более жёсткой. Хорошо профинансированные учебные заведения в развивающихся странах готовы сделать всё, чтобы удержать своих студентов в аэрокосмической отрасли. 51% опрошенных отметили, что сокращение денежных субсидий в аэрокосмическую отрасль со стороны правительства отрицательно повлияло на финансовое положение университетов. 40% отметили сокращение денег на исследовательские гранты. В настоящее время университеты надеются на появление новых современных технологий в обучающем процессе в аэрокосмических отраслях.

Многочисленные доступные, вызывающие интерес со стороны студентов программы - это онлайн курсы в аэрокосмической отрасли, которые только начинают развиваться. Они предполагают, что студент работает на предприятии, а в остальное время учится. Причем, он самостоятельно выбирает курс, преподавателя и где слушать курс. 61% опрошенных согласились с тем, что онлайн-курсы и программы дистанционного обучения серьёзно повлияют на то, как в ближайшие пять лет будет осуществляться процесс обучения. Каждый курс привлечёт большое количество студентов, в результате чего университеты получат больше денежных средств для дальнейшего развития, а компьютерные программы позволяют студентам сократить свои собственные затраты и сократить время обучения.

Гуманитарные проблемы в аэрокосмическом комплексе

Циолковский об успехе развития человечества через освоение космоса

Авдеенко А.Р.
Научный руководитель – доцент, к.к. Попей-оол С.К.
МАИ, каф. ФиСК
Mail17130571@mail.ru

Несмотря на различные подходы и позиции, на разное мировоззрение и мировосприятие всех мыслителей и гениев, ученых и богословов, живших в разные исторические эпохи, в разных странах, и в различных культурных традициях, их объединяет некое великое начало, позволяющее их всех, – от Декарта, Аристотеля и Будды, до К.Э. Циолковского, В.И. Вернадского и П. Тейяра де Шардена, – считать единомышленниками и представителями мощной культурно-философской традиции, пронизывающей исторические эпохи и судьбы разных народов и отдельных людей. Это – традиция космизма.

Философия космизма начинает складываться во времена Древней Греции, как учение о структурно-организованном мире, организованному по принципу макрокосмоса. В средние века космос стал частью учения о божественном, сформировав современное направление религиозно-философского учения о космосе. В новое время учение о космосе развивается в естественно-научном русле, как теория о рождении и эволюции вселенной. В России космизм стал олицетворять вселенность человека как планетарного существа биосферы и ноосферы (В.И. Вернадский).

Константин Эдуардович Циолковский, разрабатывая теорию космоплавания, анализировал ракетодинамику и астронавтику. Он видел в человеке воплощение космической жизни с измерениями бесконечно большого и малого. Природный миропорядок земного бытия приобретает «смысл» с помощью универсального нормативного регулятора вселенной. Она дает человечеству императив космической этики.

Существование космоса определяется гармонией малых и великих тел, подчиненных высшему единству. Эволюция человечества предстает в виде циклов самосовершенствования бытия людей, принуждающих их нравственному круговороту мирового целого. Поэтому основной космический принцип земной жизни – уменьшение «суммы» зла и увеличения кармического блага. Благодаря зову космоса общество совершенствует систему социальных отношений. Будущее человечества Циолковский видит в «общем житии» народов, объединенных демократическими устремлениями и элементами теократических и социалистических постулатов.

Современный космизм представлен различными концепциями: теософский, натурфилософский, религиозно-философский, астробиосоциологический, научно-технический и естественнонаучный.

Тончайшие электромагнитные силы взаимодействия тел пронизывают весь космос, связывая их в единый живой организм. Живая, неживая, разумная и косная материя едина. Идеи космистов все больше заставляют людей задуматься о множестве жизненных путей и идеалов, которые коэволюционируют как космические силы.

Циолковский верил, что успех развития человечества и эволюция рациональных форм мышления предопределен освоением космического пространства.

Натурфилософское эссе о притяжении разума к космосу

Вакурин А.О., Кабалин И.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.к. Попей-оол С.К.
МАИ, каф. ФиСК
kabalin.ivan@mail.ru

Развитие человечества похоже на удивительную историю сближения двух загадок: Разума и Вселенной. Хотя разум имеет столько же нейронов, сколько звезд в Галактике, но путь его к Космосу был нелегким. Тысячелетиями он плутал в потемках природы, возвышая небеса и не подозревая о собственном величии.

Изобретя телескоп, Разум увидел сердце Вселенной, сконструировав МРТ[18], взглянул на самого себя. Если космос потерял свою божественность, обнажив планеты и звезды, то через МРТ разум открыл в себе Вторую Вселенную, где 100 млрд. нейронов выстраивают «электронные» связи друг с другом, обнаружив движение собственных мыслей.

Человек всегда стремился определить свое место во Вселенной и найти путь к «космическому благу». Сначала он проходил этот путь с помощью мифа, потом – религии, и только сейчас он покоряет космос с помощью науки.

Открытие в сознании человека иной реальности стало революционным прорывом для западной цивилизации. В западном мировоззрении «мыслить – значит существовать», «видеть – значит верить». Следовательно, метафизика западного бытия неотделима от физики существующего и логики воспринимающего.

Мозг не только механически «отражает» действительность, но и «конструирует», воссоздает бытие через самосознание. Следовательно, сознание остается сложной структурой восприятия окружающего мира и самого себя. Кажется, что с этим утверждением могут согласиться многие ученые, но некоторые до сих пор сомневаются в создание теории сознания. Они утверждают, что никакая «вещь в себе» не способна познать природу собственного существования. Хотя западные философы веками руководствовались и до сих пор руководствуются принципом «познай самого себя», но они не смогли постичь все тайны существующего и сам процесс существования.

Разум, идущий в постбиологическую космическую эру, не сможет вырваться из власти инстинктов и эмоций. Они помогают ему анализировать и оценивать информацию, поступающую от множества рефлексивных каналов. А мечты позволяют ему моделировать будущую реальность на тысячу лет вперед, превращаясь в современные мифы. Смысл сознательного моделирования реальности в том, чтобы оценивать варианты

[18] Магнитно-резонансная томография.

и выбирать наилучшие решения достижения цели гармоничного существования человечества в космическом пространстве.

Нейроантропокосмическая школа МАИ позволит не только рассматривать натурфилософские аспекты мышления людей, но и увидеть полет идей и представлений от чувственного мифа к рациональному рассудку, который никогда не завершится.

О будущей философии реального бытия и искусственного

Дроголова Е.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.к. Попей-оол С.К.
МАИ, каф. ФиСК
lenadrogolova@mail.ru

История становления искусственного интеллекта (ИИ) с 1950 годов пережила три цикла взлетов и падений. Первый оптимизм от «умных машин», игравших в шашки и выполнявших простые манипуляции, рухнул в 1970-х годах, когда ученые обнаружили их ограниченность от узкой специализации. Рост вычислительных мощностей компьютеров вызвал второй неоправданный ажиотаж вокруг искусственного интеллекта. Но в 1997 году, когда компьютер Deep Blue фирмы IBM выиграл партию в шахматы у чемпиона мира Каспарова, начался подъем третьей волны поиска научных технологий, имитирующих мыслительную деятельность человека.

Несмотря на то, что искусственный интеллект еще не создан, мы уже давно пользуемся его аналогами или прототипами. Ведь само определение говорит, что ИИ – это свойство технических и программных систем выполнять интеллектуальные задачи человеческого разума. Будь то поиск информации, переводы с одного языка на другой, чтение книг, подбор музыки по личным предпочтениям и настроению, общение с другими людьми, обмен информацией и, как следствие, обучение и самосовершенствование. И всё перечисленное выше может выполнить даже самый не сложный компьютер или телефон.

Для нас стало повседневной необходимостью пользоваться поисковыми системами «google», «yandex», «yahoo» и т.д., сканировать книги, переводить тексты. А интеллектуальные системы Siri и Cortana помогут для вас подобрать не только музыку, но и ответить вам, выдать очередную шутку, выполняя ваше поручение. Они способны самообучаться, оптимизируя процесс взаимодействия с пользователем. Следовательно, человек может научить машину делать то, что он делал сам.

Обладая самообучающимися машинами, человек еще не создал полноценный ИИ, способный мыслить по-человечески. Если задуматься, то можно сказать, что мы еще не достигли необходимого технологического уровня, чтобы воплотить эту идею в реальность. Но если это однажды произойдет, чем это может угрожать человеку? Ведь ИИ, решая человеческие проблемы, принимая за него решения, заботясь о мире и красоте, способен отодвинут значимость самого человека на второй план. Как он может соревноваться с «вечным разумом», который не умирает и обрабатывает информацию намного быстрее?

Сможет ли человек смириться со своим несовершенством перед ИИ, так как по природе мы привыкли считать себя первыми и самыми умными. А если ИИ удалить как систему программного обеспечения, то не будет ли это равнозначно убийству? И будет ли компьютерная сеть являться одной личностью или это они составят множество личностей, общающихся между собой?

Если мы признаем ИИ личностью, то она обретет право на собственную уникальность и самобытность. Не признает ли она своё функциональное предназначение рабством? Пусть она только программа, созданная для решения творческих задач. Но как нам воспринимать людей, усовершенствовавших себя с помощью ИИ. Они кто – личности или совершенные функциональные человеко-машины (андроиды)?

Следовательно, будущей задачей философии будет дать определение качественных различий между реальным человеком и его электронной имитацией.

Проблема развития инженерной этики в аэрокосмической деятельности

Духновский Д.А.
Научный руководитель – проф., д.ф.н. Цвык И.В.
МАИ, каф. 001
dukhnovskiycalm@gmail.com

Аэрокосмическая деятельность России является одним из факторов, определяющих ее статус великой державы и страны высоких технологий. Аэрокосмическая техника позволила выйти на новый уровень познания и освоения как наземного, так и внеземного пространства. Развитие аэрокосмической деятельности (АКД) повлекло переосмысление практически всей системы человеческих ценностей.

Безальтернативное, чисто экспансивное развитие АКД должно трансформироваться в гармоничное устойчивое развитие систем человек-природа, Земля-космос. Обеспечение АКД складывается из множества составляющих: техника, прикладные научно-исследовательские работы и системные исследования. Особенностями современной ракетно-космической промышленности являются: значительная доля специализированных производств и уникального оборудования, длительные циклы создания техники, значительный объем параллельно выполняемых работ. В основе развития АКД и всех технических достижений, связанных с ней, лежит высочайший профессионализм, природное стремление человека к неизведанному и новому, научная смелость. Проникновение в космическое пространство, создание крупномасштабной техники дальнего действия все более делает самого человека объектом технического преобразования. Человечество все в большей степени превращается в «соучастника» эволюционных процессов в природе, что резко повышает проблему ответственности за научно-технический прогресс, особенно в аэрокосмической отрасли. Противоречивый характер современного научно-технического прогресса в сфере АКД предъявляет особые, более высокие социальные, морально-этические требования к ученым, разработчикам, инженерно-техническим работникам, специалистам в данной области. Отсюда вытекает острая необходимость не только обеспечения высочайшего уровня профессиональной подготовки кадров в данной области, но и высокого уровня развития инженерной этики.

Особенностью инженерии АКД является высочайшая наукоемкость, уникальность и высокая стоимость выполняемых проектов. В инженерии АКД недопустимы приоритеты корпоративных интересов над интересами общества. Поскольку АКД реализуется в системе Земля-Космос, то последствия от воздействия АКД не всегда предсказуемы. В части изучения космических объектов время получения данных может составлять несколько лет. Как далеко может зайти человек в своем стремлении познать вселенную? Как откликнется вселенная на его вторжение? На сегодняшний день мы уже имеем проблему загрязнения околоземного космического пространства.

Развитие аэрокосмического комплекса в ближайшие 50-100 лет подразумевает возникновение и, соответственно, решение таких сложных и комплексных задач, с которыми прежде человечество не сталкивалось. Представляется архисложным, почти невозможным, чтобы решение подобной задачи было по плечу промышленности и науке в рамках деятельности какого-либо отдельно взятого государства. Несмотря на утверждающееся в последние годы многополярное устройство мира, многие вопросы АКД возможно решать только в рамках международного сотрудничества. В связи с этим напрашивается вывод о том, что создание единой концепции инженерной этики осложняется тем, что она должна быть справедлива для специалистов различных и разных инженерных школ.

Таким образом, развитие инженерной этики в АКД обусловлено спецификой обеспечения АКД, спецификой области воздействия АКД на окружающую среду, включая космические объекты, а также гуманитарными аспектами АКД. Развитие концепции инженерной этики АКД требует всестороннего научно-обоснованного подхода.

Космические горизонты сознания и его одиночество

Журавлева О.В.
Научный руководитель – доцент, к.к. Попей-оол С.К.
МАИ, каф. ФиСК
olga112295@mail.ru

Процесс космической эволюции человеческого сознания будет бесконечным, если мы сможем преодолеть кризисную нестабильность и эмоциональную неудовлетворенность на антропологической земной стадии.

Многие современные ученые, рассматривая морфологическое развитие Homo Sapiens, не говорят о росте форм сознания, а связывают его с биологическими свойствами человеческого организма. Но современная информатизация общества меняет не только биологическую природу человека, но ментальные, деформируя сознание людей.

Если человеческое сознание, как и антропологическая форма жизни несовершенная, то это не значит, что они не могут быть промежуточным этапом духовной эволюции космического бытия человечества. Но это произойдет в том случае, если люди смогут преодолеть одиночество. «Оно есть внутреннее противоречие человека, но через неё рождается личность», — писал Бердяев.

Современный человек, расширяя общение на работе или в социальных сетях, все равно остается наедине с собой. Это «одинокая толпа» самодостаточных и независимых личностей. Блез Паскаль утверждал, что уединение способствует тому, чтобы человек задумался о смысле жизни, о своих целях и поступках. Оно позволяет взглянуть на мир с другой стороны, переосмысливая природу собственного «я».

Тут стоит помнить, что существует тонкая грань между понятиями «одиночество» и «уединение». Если первое приводит к *оставлению* с самими собой, то второе — к *понимаю* себя. Трансценденталисты полагали, что в человеке хранится огромный запас духовного богатства. И именно уединение способно помочь человеку соединиться с этим богатством.

Претенденты на космические полеты проходили испытания, находясь сутками в абсолютной изоляции, тишины и одиночества— в сурдокамере. Безусловно, этот тест делается с психологической точки зрения, но это не исключает осмысления космонавтами самих себя.

Развитие человечества как разумного вида земной жизни может осуществляться по четырем сценариям: без изменения антропологической формы, допускающий только незначительные генетические мутации (тогда трансформируется духовная природа человека); техногенное изменение природы человека без развития сознания (ментально-чувственная система человека останется неизменной); техногенные изменения коэволюционируют с биогенетическими, а, следовательно, и с ментальными; развитие сознания породит витальные изменения антропологической формы тела человека.

В последнем случае возможны не только раскрытие новых психоментальных качеств сознания, но и изменение носителя сознания на биологического робота или совершенного биоматричного тела.

Ибо только в таком виде человек сможет бороздить на просторах космического пространства. И не исключается, что новый носитель сознания может иметь небиологическую природу.

И как же тогда людям преодолеть одиночество? Оно способно искажать восприятие самих себя и всего мира. Поэтому, я полагаю, что современному человеку не нужно быть частью «одинокой толпы», а стремиться найти себя. Тогда его жизнь обретет наполненность смыслом, а рядом всегда будут близкие и нужные люди.

Научная фантастика как средство прогнозирования развития цивилизации

Зиновьева Е.М., Рулева В.Г.
Научный руководитель – доцент, к.фил.н. Шакурова Е.С.
Ступинский филиал МАИ, каф. ЭиУ
Katenka.Zinoveva@yandex.ru

На протяжении веков люди неустанно изучали окружающий их мир. Первой ступенью на этом нелегком пути стало искусство, которое помогало преодолеть ограниченность воображения и человеческого мышления. Живопись и литература обладают для этого большим арсеналом возможностей и изобразительных средств, прогнозируя не только научные изобретения в будущем, но и открытия космических объектов. Так, Дж. Свифт в книге «Путешествие Гулливера» предсказал наличие двух спутников Марса за 1,5 века до их открытия.

Главной проблемой, волновавшей великие умы того времени, была мечта о покорении неба. Так, в рукописях Л. да Винчи встречаются рисунки и чертежи с кратким описанием различных летательных аппаратов (орнитоптер, проект вертолета и пр.).

Первым, кто научно смог описать полет человека в космос, стал Ж.. Верн. В произведении «С Земли на Луну» он описал пушку гигантских размеров, снаряд которой служил пассажирским модулем. Его идеи послужили стимулирующим фактором для зарождения и развития космонавтики. В дальнейшем в одном из своих произведений он описал воздушное судно, которое поднималось в воздух с помощью пропеллеров, что послужило прообразом современного вертолета. Также ему принадлежит идея солнечного паруса, с помощью которого космический аппарат должен был приводиться в движение. В 1993 г., спустя 128 лет, первое развертывание солнечного паруса в космосе было осуществлено на российском космическом корабле.

В 1939 г. в свет вышел роман «Космические инженеры» К. Саймака. В нем упоминается о ракетном ранце, установленном на скафандре, предназначенном для перемещения и маневрирования астронавта в космическом пространстве, а также о магнитных подошвах на ботинках, позволяющих перемещаться по кораблю в невесомости. Позже описанные К. Саймаком факты нашли свое воплощение в реальной жизни.

Одним из основоположников советской научно-фантастической литературы является А. Беляев. В 1930-е гг. А. Беляев заинтересовался космосом и начал изучать труды К. Циолковского, вдохновившие его на написание романов «Прыжок в ничто», «Звезда КЭЦ». В книге «Звезда КЭЦ» описываются неоднократные путешествия в космос. Описываемое в книге общество, создающее Звезду КЭЦ и космические ракеты, руководствовалось исследованиями самого К. Циолковского, что придает роману абсолютную достоверность.

Советская эпоха породила уникальные образы научного прогресса. Одной из интереснейших утопий стала концепция «Лунная база», разработанная в 1974-1976 гг. советскими учеными, чьи имена по сей день являются засекреченными. Основная идея концепции заключалась в размещении на Луне постоянно действующей базы-лаборатории.

А. Кларк в произведении «Лунная пыль» в 1961 г. предсказывал, что люди будут летать в космос как туристы. Эта идея, претворенная в жизнь в 90-е гг. 20 в., остается актуальной. Немаловажные открытия предсказывал писатель и художник А. Робида. Он изображал летающие машины, которые придут на смену наземному транспорту. Пока это предсказание не сбылось, но прогресс человечества свидетельствует, что в скором времени почти каждая семья сможет иметь свой воздушный аппарат.

Любая идея, изначально зарождаясь в философии, литературе, искусстве, служит ориентиром для развития науки, основная задача которой – разработать, обосновать и воплотить их в жизнь.

Изучение космоса человечеством как части биосферы Земли

Ишутин Д.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Сидоров А.Ю.
МАИ, каф. 501
idv@mai.ru

В настоящее время все больше сфер научной деятельности задействовано в исследовании космоса. В данной работе уделяется внимание философскому аспекту исследования человечеством, как высшей формы эволюции, космического пространства и угроз, связанных с его воздействием на биосферу Земли.

Циолковский считал, что развитие жизни на одной из планет Вселенной достигнет такого могущества и совершенства, что оно позволит преодолеть силу тяжести и расселиться по Вселенной. По Вернадскому, биосфера есть совокупность живого вещества Земли, проявляющего себя как единый организм, эволюционно стремящегося в ноосферу, и человек как результат эволюции биосферы в ноосферу должен обеспечить выход биосферы за пределы планеты. Человечество ставит задачи по изучению космического пространства как исключительно собственные. Но в то же время, являясь витком эволюции биосферы, необходимо задуматься, не является ли это в первую очередь задачей биосферы?

Биосфера эволюционирует, ее задачи выжить, сохранить и приумножить биологическую жизнь. Несмотря на то, что на данный момент очевидных факторов, критически угрожающих биосфере, нет, в долгосрочной перспективе существует опасность частичного или полного уничтожения биологической жизни. Проанализируем наиболее значимые факторы воздействия на биосферу земли. Наряду с внутренними процессами, такими как антропогенное влияние, геологическое воздействие, одним из важнейших факторов является воздействие космоса, как внешней среды - как созидательное, так и разрушительное.

Биосфера, находясь в русле сформированного за миллионы лет биологически-эволюционного развития, принципиально не может выйти за пределы планеты без помощи концептуально нового витка эволюции – человеческого вида, обладающего сознанием, как радикально новым эволюционным методом исследования и познания того что находится за границами биосферы.

Рассматривая человечество как разумную, высшую ступень эволюции, стремящуюся за пределы своего дома, мы забываем, что по-прежнему являемся, хоть и очень отличающейся от других видов, но малой частью сложнейшего, до конца не изученного, сверхредкого, а может, и единственного в космосе феномена – жизни на планете Земля.

Особенности признания и обоснования гелиоцентрической системы Н.Коперника

Казаков С.Б.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Иванов М.А.
МАИ, каф. 001
kazakovsb@gmail.com

В 1543 году был опубликован труд Н. Коперника «О вращении небесных сфер», в котором излагались основы гелиоцентрической системы мира. Признание идей этого учения продолжалось более 150 лет. Для обоснования гелиоцентрического мировоззрения использовались различные виды аргументации. Каждая из них имела свою степень весомости и свое убеждающее значение.

В самом начале своего труда, критикуя геоцентрическую систему, Коперник использует эстетические аргументы. Он пишет, что создатели геоцентрической картины мира «не смогли определить форму мира и точную соразмерность его частей». В гелиоцентрической системе Коперник видит «удивительную соразмерность мира, определенную гармоническую связь между движением и величиной орбит». Эстетическая

аргументация выражала интуитивное представление о гармонии в природе, могла быть симптомом истины, но не ее доказательством.

Более существенное значение имела математическая аргументация. Она предполагала «объяснение численных совпадений и соотношений», «однозначного определения на основе наблюдений размеров входящих в систему величин». С математической стороны система Коперника не была более простой, чем геоцентрическая. Вычисленные предсказания обеих систем практически были сопоставимы. Математическая аргументация не затрагивала непосредственно онтологического значения гелиоцентризма. Не случайно протестантский священник А. Осиандер в предисловии к труду Коперника рассматривал его учение как остроумную вычислительную гипотезу, не опровергающую геоцентризм.

Наиболее весомый и определяющий характер в победе гелиоцентризма имела эмпирическая аргументация. Она была связана с наблюдательной астрономией. Особую роль здесь сыграли открытия Г.Галилея (1564-1642). Применив телескоп, Галилей обнаружил сложный рельеф Луны, что опровергало представление Аристотеля о ”совершенстве” небесных тел. Открытие спутников Юпитера показывало, что Земля не является единственным центром орбит небесных тел. Наблюдения за движением небесных тел Тихо Браге (1546-1601) позволили И. Кеплеру (1571-1630) обосновать эллиптический характер движения планет. Однако и эта аргументация не была окончательной и встречала противодействие, как среди некоторых ученых, так и среди представителей церкви.

В защиту гелиоцентризма и в его опровержение применялась и теологическая аргументация.

Законченное обоснование гелиоцентрической системы было связано с научным объяснением на основе теории классической механики И.Ньютона (1643-1727).

Социокультурная ассимиляции гелиоцентризма растянулось на столетия. Лишь во второй половине 20 века католическая церковь выразила сожаление по поводу осуждения Галилея (как сторонника учения Коперника), признав суд над ним «неправомерным вмешательством» церкви в дела науки.

История обоснования и признания коперниканства актуальна. Современная космология переживает не менее грандиозную революцию. Теория нестационарной Вселенной, открытие Метагалактики, появление антропного принципа, утрата современной астрономией созерцательного характера и использование в ней все более математизированного знания ставит множество вопросов, как мировоззренческого, так и эпистемологического характера.

Академик В.П. Мишин о советской лунной программе

Казеннов Д.С.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Иванов М.А.
МАИ, каф. 001
dskazenn97@yandex.ru

Выдающийся конструктор, главный руководитель этой программы В.П. Мишин, анализируя лунный проект, писал: «Об этом надо всем рассказывать, чтобы из этого были сделаны правильные выводы». Оценки лунного проекта (Н1-Л3) весьма различны. Одни считают, что, если бы не преждевременная смерть С.П. Королева в 1966 году, мы смогли бы первыми осуществить пилотируемый полет на Луну. С точки зрения других, даже при самых благоприятных обстоятельствах, нам бы не удалось слетать на Луну первыми, однако мы могли (и должны были) осуществить эту программу позже 1969 года (год первого пилотируемого полета на Луну по программе «Аполлон»).

В.П. Мишин отмечал ряд факторов, которые не позволили осуществить полет советских космонавтов на Луну. Среди них он называл: экономическое отставание СССР от США, и как следствие, недостаточное финансирование лунного проекта; идеологические причины – «работы велись в основном в престижных целях», что приводило к неоправданным срокам в реализации проекта; технические факторы -

недостатки методики отработки ЖРД («не было огневых стендовых испытаний»), недооценка «технической сложности и объема работ» [1] , « США в то время обладали более высоким научно-техническим и экономическим потенциалом» [2] ; личностные факторы – противоречия между главными конструкторами, участвовавшими в проекте; проектно-управленческие и организационные – мы позже включились в лунную гонку с США, советский лунный проект не был общенациональной программой, отсутствие единого координационного центра, наличие нескольких (параллельных) лунных программ, разрабатывалось три проекта ракеты-носителя (Н1, Р56, УР700); командно-административный стиль управления космической отраслью.

Среди этих факторов Мишин выделяет технические и организационные. Недостатки в надежности космических систем (носитель Н1), обусловленные отсутствием огневых стендовых испытаний, привели к четырем неудачным пускам ракеты. Технические факторы были связаны с экономическими и идеологическими причинами. Чтобы построить стенды для огневых испытаний, нужны были капитальные вложения. С этим была проблема. Организация и проведение стендовых испытаний обернулось бы потерей времени и нарушению сроков реализации проекта. В.П. Мишина обвиняют в том, что он, как главных конструктор, молчал, не бил тревогу, не требовал изменения сроков и необходимого финансирования. Василий Павлович и сам это хорошо понимал. В одной из своих последних работ он писал: «Руководители головного ОКБ-ОКБ1 – и С.П. Королев, а затем и я недооценило технической сложности и объема работ, не смогли убедить вышестоящее руководство в нереальности установленных ими сроков реализации этой программы»[1, с. 96-97]. Однако оспаривание сроков или требование большего финансирования могло привести к прекращению работ программе. В мае 1972 года после четвертого неудачного пуска ракеты Н1 продолжение лунной программы посчитали нецелесообразным. В 1974 году было принято решение прекратить работы не только по лунной программе, но и по ракето-носителю Н1. В.П. Мишин считал такое решение ошибочным. В итоговой оценке лунной программы он писал: «Мы могли слетать на Луну и возвратиться на Землю, но, к сожалению, не в сроки, обеспечивающие наш престиж перед США». [2]

Литература

1. Мишин В.П. От создания баллистических ракет к ракетно-космическому машиностроению. - М.: «Информ-знание», 1998.

2. Мишин В.П. Почему мы не слетали на Луну? - М.: «Знание», 1990.

Космология модели сознания

Камалетдинов Н.С., Кременецкая В.А.
Научный руководитель – доц., к.к. Попей-оол С.К.
МАИ, каф. ФиСК
woltschicaaaa@mail.ru

Любое сложное явление, природа и сам космос, познается человеком через сознание. Веками человек наделял космос чувственными и рациональными свойствами. Следовательно, само сознание является космосом бытия не только человека, но и всего человечества.

Хотя человек еще не раскрыл тайну рождения сознания, но уже пытается понять его функционирование у представителей животного мира и даже создать его искусственно-механический аналог.

Сегодня созданы «модели» сознания, продуцирующие работу отдельных процессов и структур мозга. Из предложенных учеными моделей сознания наиболее известны следующие модели: нейрофизиологическая модель в теории неврального дарвинизма (Edelman G.M.); биологическая модель в концепции рабочей памяти (Baddeley A.D., Hitch G.); биологическая модель в теории архитектуры мозга (Braver T.S., Cohen J.D.); модель искусственного интеллекта в теории IDA (Intelligent Distribution Agent – «интеллектуально-распределяющий агент») (Franklin S., Graesser A.).

Эделмен сделал первую попытку раскрыть свойства сознания, объединяя феноменологию с нейроанатомическими и нейрофизиологическими теориями. Способностью обрабатывать информацию обладают не только существа с высшей нервной системой, но и простые микроорганизмы. По его мнению, мозг не содержит жестко фиксированных образов, а, следовательно, он не уподобляется аппаратной логике компьютера. Память человеческого разума мобильна и онтогенетически множественна и может выполнять сразу несколько функций: кодирование, декодирование, идентификацию и т.д. Нейронные группы выполняют множественные роли и используются неоднократно. Хотя биолого-функциональная эволюция мозга является филогенетической, то нейронные системы подчиняются онтогенетической селекции.

Теория архитектуры мозга рассматривает кортекс (PFC) основанием памяти, где представления обеспечиваются различными, конкурирующими между собой, потоками информации. Множество бессознательных процессов могут соревноваться и сотрудничать друг с другом, создавая глобальное рабочее пространство рассудочного (сознательного) и чувственного (эмоционального) переживания.

В начале 2000-х гг. Франклин, проанализировав существующие модели сознания, предложил свою. Он назвал ее теорией IDA, рассматривающая сознание как программную систему в постоянном диалоговом режиме.

Философия для постижения сознания пыталась понять природу бытия души и духа. Немецкий философ Гегель, исследуя сознание в онтологии духа, пишет о нем как о частице космического духа. Оно приобрело волю в человеке, сформировало его характер и личность. Человек есть «конечный вариант» космического духа, а бытие – продукт самопознания. Учение о бытие стало философским пониманием природы сознания, «вершиной» биологических и физиологических подсознательных процессов.

Если не сейчас, то в будущем нейронаучные теории столкнутся с серьезной проблемой. Природу сознания нельзя разгадать, апеллируя только естественнонаучными терминами. Еще издавна Платон и Аристотель считали, что сознание существует отдельно от материи, как своеобразный онтологический космос бытия. Впервые психофизическую проблему сознания пытался раскрыть Рене Декарт, задаваясь вопросом: «Как в человеке соотносятся дух и тело, каким образом они коррелируют друг друга?».

Перспективы создания искусственного интеллекта

Карамнова Л.В., Копорова М.А.
Научный руководитель – доцент, к.фил.н, Шакурова Е.С.
Ступинский филиал МАИ, каф. ЭиУ
mary.koporova@gmail.com

Искусственный интеллект – область информатики по изучению интеллектуальных возможностей вычислительных устройств. «Искусственный интеллект» в качестве термина впервые был использован в 1956 году; тогда же возник вопрос о способности машин к мышлению. Сторонники дуализма считают, что мысль не материальна и не имеет материальных свойств. Исходя из этого разум не стоит трактовать, используя только физические понятия. В то же время материалисты утверждают, что разум следует объяснять посредством материальных понятий, оставляя возможность существования искусственных разумов, иными словами, интеллектов.

Искусственный интеллект можно разделить на три типа. 1. Искусственный ограниченный интеллект. Он способен, например, обыграть нас в карточную игру, в шашки или в шахматы. Однако, вопрос о том, можно ли есть почву, приведет этот тип искусственного интеллекта в тупик. 2. Искусственный общий интеллект. Данный тип очень схож с человеческим. Он способен проводить анализ данных, вести диалог, а также способен обучаться. 3.Искусственный суперинтеллект. Этот тип интеллекта развит настолько, что существенно отличается от естественного, человеческого интеллекта. Иными словами, человеческий интеллект будет не способен понимать мотивы действий суперинтеллекта.

Создав полноценный искусственный интеллект, человечеству придется решать множество проблем, в том числе проблему безопасного использования искусственного интеллекта; решать споры о том, сможет ли искусственный интеллект помочь человечеству или же заведет его в эволюционный тупик; оценивать реальные возможности для его создания. Автомобильная промышленность является высокоперспективной сферой деятельности для разработки искусственного интеллекта, то есть автомобилей, которым не требуются водители. В прошлом году такие чудо-автомобили в одном из регионов США проехали около 10 тыс. миль, не нарушив правил дорожного движения и не попав ни в одну аварию.

Искусственный интеллект также может помочь человечеству в освоении космоса, если самостоятельно сможет проводить анализ почвы, осуществлять поиск воды и потенциальной живности. Чем дальше от Земли, тем сложнее человечеству задавать вектор действия. Это значит, что машине придется думать и принимать решения самой. Стоит отметить, что использование искусственного интеллекта повысит качество жизни. Так, из-за повсеместного внедрения автоматизации цена на продукты питания снизится, денежные затраты человечества сократятся, а значит, каждый сможет позволить себе меньше работать, а все оставшееся время будет посвящать себе, развиваясь в духовном, интеллектуальном и физическом плане. На сегодняшний день успешно работают первые два типа искусственного интеллекта, примером которых являются и автомобили Google, и спутниковая навигация, и даже Siri, способная распознавать речь. Вся поисковая система Google также является большим ограниченным интеллектом, который, используя принципы машинного обучения, без вмешательства со стороны человека постоянно улучшается.

Специалисты в области футурологии считают, что уже к 2020 году машины интеллектуально сравняются с человеком, а уже в 2060 году достигнут уровня разума, равного всему человечеству. Однако, начав конкурировать с человеческим интеллектом, искусственный интеллект, обладая всеми возможностями, вероятно, захочет уничтожить и само человечество. В связи с огромным потенциалом искусственного интеллекта важно понимать, как использовать его плюсы, избегая угроз, кроющихся в его создании.

Академик В.П. Мишин о демократических факторах в управлении ракетно-космической отраслью и лунной программе в СССР

Ковалева Я.В.
Научный руководитель—доцент, к.ф.н. Иванов М.А.
МАИ, каф. 001
nat84252008@yandex.ru

Академик В.П. Мишин (1917-2001) – выдающийся советский и российский конструктор, первый заместитель С. П. Королёва, продолживший его работы в области космонавтики. Его опыт работы в космической области не потерял своей актуальности.

Как отмечал В.П. Мишин, деятельность в ракетно-космической сфере - это «огромный творческий труд людей разных профессий и знаний». «Этот труд нужно умело организовать и всемерно поддерживать, разумно объединить людей часто с противоречивыми характерами, представителей разных научных школ, с различными точками зрения»[1,с.13]. Вместе с тем, управление в сфере космических исследований - это и борьба с противниками новых идей, а также способность реализовать новую идею. «Путь в современном мире от «идеи нового» до ее реализации - тернистый путь борьбы с рутиной, косностью, противниками этой борьбы. Мало высказать идею, пусть даже превосходную по сравнению с другими, нужно, чтобы вашей идеей овладели люди, с которыми вы будете реализовать свою идею»[1,с.13]. Как видно, объединение ради общей цели осуществляется не только на основе разумных организационных принципах, но и на основе понимания и принятия идеи, убежденности людей в ее правильности и осуществимости.

Другой аспект творческого труда сопрягается Мишиным с демократическим началами, с наличием определенной творческой среды, благоприятной для создания

нового. Василий Павлович пишет о многочисленных совещаниях во время реализации лунного проекта (Н1-Л3), которые скорее мешали, чем способствовали решению поставленной задачи. На этих совещания было непросто открыто выражать свою точку зрения: «Мало было «строптивых» товарищей, которые могли открыто высказать свое мнение по обсуждаемы вопросам». И если такие выступающие находились, то сталкивались с «навешиванием ярлыков», попадали в немилость к руководителям, их обвиняли «и в самоуправстве, и в неподчинении коллективному мнению»[1,с.97].

Антиподом демократических принципов в управлении космической отраслью выступал командно-административный стиль. Командно-административное управление выражалось в произволе руководящих решений, их обусловленности не внутренними факторами развития техники, а внешними – идеологическими интересами, соображениями престижа и т.п. Такой стиль управления приводил к парадоксальной ситуации: исполнители технических проектов не решались оспаривать нереальные сроки выполнения технических программ, запрашивать адекватное ресурсное обеспечение, поскольку опасались закрытия проектов или передачи их другим исполнителям. В результате приходилось экономить, минимизировать сроки испытаний и т.п., что сказывалось на качестве техники. Поэтому административно- командная система управления и несовершенство демократических основ руководства космической отраслью явились одной из причин неудачи лунной экспедиции в СССР.

История реализации лунной программы в Советском союзе весьма поучительна. «Об этом, - как пишет академик В.П. Мишин, - надо всем рассказывать, чтобы из этого были сделаны правильные выводы».

Литература

1. Мишин В.П. От создания баллистических ракет к ракетно-космическому машиностроению. - М.: «Информ-знание», 1998.

Элементы философии науки в гироскопии

Козлова Е.С.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Петруня О.Э.
МАИ, каф. ТППИСУЛА
Katya-Kozlova15@yandex.ru

В современном мире мы практически каждый день используем гироскопы, даже не задумываясь об этом. Классические области применения гироскопов – это авиация, космонавтика, судоходство. Но помимо этих областей, гироскопы используются в качестве датчиков в смартфонах, планшетах, игровых приставках, гироскутерах, квадрокоптерах, радиоуправляемых вертолётах. Есть и простые игрушки, использующие свойства гироскопа, такие как юла, волчок, йо-йо. Кроме того, существует спортивный гироскопический тренажер для кистей рук. Поэтому полезно знать, почему гироскопы обрели такую популярность.

Гироскоп в переводе с древнегреческого означает «наблюдать вращение». Впервые термин «гироскоп» был введён французским физиком, механиком и астрономом Фуко в 1852 году. Жан Бернар Леон Фуко представил свою конструкцию гироскопа во Французской Академии Наук и продемонстрировал одно из главных свойств гироскопа – стремление сохранить в инерциальном пространстве первоначальное положение его оси. Целью демонстрации являлось экспериментальное доказательство вращения Земли вокруг своей оси.

Однако, Фуко нельзя назвать изобретателем гироскопа. Ещё в 1817 году описание своего изобретения опубликовал немецкий астроном и математик Иоанн Боненбергер, который создал ротационную машину для наглядного объяснения законов обращения Земли вокруг своей оси. В модели, предложенной Боненбергом, вращающимся элементом был шар. А в 1832 году конструкцию гироскопа с вращающимся диском придумал американец Уолтер Р. Джонсон.

Основное свойство гироскопа наблюдали и значительно раньше при вращении колеса и таких игрушек как юла или волчок, но, как это часто бывает, никто не обращал на них особого внимания.

По поводу появления открытий верно высказался американский историк и философ науки Томас Кун: «только когда эксперимент и пробная теория оказываются соответствующими друг другу, возникает открытие, и теория становится парадигмой». То есть, в данном случае теория гироскопов стала парадигмой после проведения эксперимента с гироскопом Фуко и описанием первого свойства гироскопа.

Изобретение гироскопов можно считать революцией в определении положения объекта в пространстве и для корректировки направления его движения, именно поэтому их стали быстро совершенствовать и создавать новые гироскопы, принцип действия которых кардинально отличался от классических механических гироскопов.

Современными гироскопами являются такие датчики угловой скорости как оптические гироскопы, вибрационные гироскопы и другие. Они не являются гироскопами в классическом понимании, поэтому их можно смело назвать неклассическими гироскопами. В докладе представлены причины данного вывода.

На примере эффекта Саньяка, который лежит в основе принципа действия оптических гироскопов, показано, что теория, сформулированная в эпоху существования одной парадигмы, может не измениться и остаться актуальной при переходе к другой парадигме.

Несмотря на то, что каждый тип гироскопов имеет свой принцип действия, не схожий с другими, у них остаётся общее: с помощью гироскопов можно определить положение объекта и его координаты в пространстве, будь то самолёт в небе, подводная лодка в море, спутник в космосе.

Проблемы теории Большого взрыва

Лазукина А.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Петруня О.Э.
МАИ, каф. ФиСК
alicelazukina@gmail.com

Актуальность темы заключается в том, что на данный момент теория является общепринятой моделью, описывающей возникновение Вселенной, однако фактически в ней существует значительное количество разногласий и необъясненных явлений.

Согласно теории, вся существовавшая и существующая сейчас во Вселенной материя появилась в одно и то же время — около 13,8 миллиарда лет назад, за кратчайшее время выйдя из состояния сингулярности и начав стремительно расширяться.

Проанализировав историю возникновения теории Большого взрыва, можно сделать вывод, что фактуальным базисом теории является открытое Э. Хабблом в 1912 году явление красного смещения. Свидетельством расширения Вселенной стал закон Хаббла, описывающий зависимость красного смещения от расстояния до галактики.

Однако, в ходе наблюдений и экспериментов были обнаружены аномалии, которые ученые пытались объяснить гипотезами ad hoc:

1. Наблюдаемые скорости разбегания галактик не удавалось объяснить, т.к. Большой взрыв приводит к разлёту материи с постоянной скоростью. Гипотеза ad hoc: инфляционная теория – стремительное расширение Вселенной в момент времени $10^{-45} - 10^{-37}$ секунды под действием антигравитации.

2. Массы Вселенной не могло хватить для того, чтобы остановить разлёт материи, вызванный инфляционным расширением. Гипотеза ad hoc: существование невидимой тёмной материи, природа которой пока никак не объяснена.

3. Расстояние до галактик, рассчитанное по сверхновым I-го типа, оказывается значительно больше, чем при расчете по закону Хаббла. Гипотеза ad hoc: присутствие во Вселенной антигравитирующей субстанции.

4. Вселенная (13.7 ± 0.2 млрд.лет) моложе входящих в неё звезд (15-18 млрд.лет). Объяснения этому факту пока нет.

5. Есть наблюдения галактик, красное смещение которых невозможно объяснить, исходя из модели расширяющейся Вселенной.

6. Само понятие сингулярности никак теорией не объясняется.

Поскольку существуют аномалии, то появляются альтернативные теории, ни одна из которых, однако, не решает полностью проблемы теории Большого взрыва: вселенная как мираж черной дыры, зеркальная вселенная, бесконечная инфляция и ряд других гипотез. Наиболее сильной альтернативой является теория струн или М-теория.

Согласно ей физический мир имеет 11 измерений. В нем плавают пространства меньших размерностей, так называемые браны, одна из которых - наша Вселенная. Момент большого взрыва – столкновение бран, а сингулярности и момента возникновения мира не существует.

Значительным фактом в пользу теории будет обнаружение следа от квантовых флуктуаций, вызывающих появление определенных волн. Такие следы пока не обнаружены, но физики предсказывают их фиксацию в течение ближайших десятилетий. Доказательство теории можно будет считать научной революцией, что коренным образом изменит понимание устройства Вселенной.

Следует также отметить, что, согласно Т.Куну, проблема возникновения Вселенной не является задачей-головоломкой, а значит, может вообще не иметь решения.

Значение философии русского космизма для развития аэрокосмической деятельности

Лепехин Г.Н., Семавина Н.А., Третьяков Н.К.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Новикова Т. М.
МАИ, каф. 001
lepekhin_gn@mail.ru

Русский космизм – философское направление, возникшее в конце XIX века, в связи с научным прогрессом, ставившим перед собой задачи, опережающие время такие, как: космизация накопленных научных знаний, объединение наук гуманитарных и естественных, преобразование науки в главную производительную силу общества.

Наука была готова к новому витку развития. Она уже определила взаимосвязи различных сфер природы, в том числе и с человеком. На практике оказалось, что человек вырван из этих связей и чувствует себя одиноко. Именно этой проблемой обусловлено место русского космизма в отечественной культуре. Через него человек хочет найти свою связь со вселенной и практически реализовать, в частности, в своей аэрокосмической деятельности.

Почему же человек чувствует себя одиноко? На данный вопрос отвечают мыслители и ученые. Ученый-физик Н. А. Умов говорил: «Вселенная — это арфа. Струны ее звучат дивной гармонией закономерности. Звуки всей природы стройны и строги; только струны людей издают фальшивые ноты. Каждый человек должен жить так, чтобы его струна вносила новую красоту в общую гармонию; мы должны уничтожить все фальшивые звуки в нашей жизни». Н.Ф.Федоров - философ, один из основоположников русского космизма, также писал: «... мы стали слишком искусственными, исказив себя и свою природу».

Важно понимать, что космисты не предлагали избавиться от технологий и вернуться к первобытному строю, наоборот, они радели за науку. Но уже тогда они видели, что, например, неконтролируемое развитие ноосферы приводит к деградации окружающей среды, что некоторые люди просто не успевают за технологическим прогрессом и предлагали искать иные пути развития.

В частности К. Э. Циолковский подчеркивал необходимость индивидуальной ответственности, так как все надежды человечества должны связываться с человеком и его нравственностью.

Данная проблема актуальна и по сей день. Сейчас, в эпоху активного освоения космического пространства, мы особенно должны задуматься над нравственным

воспитанием и развитием человека, над тем, как мы используем ресурсы нашей планеты, какое влияние оказываем на природу.

Философские идеи русского космизма предлагают человечеству сплотиться, объединить свои усилия, в том числе, и в сфере аэрокосмической деятельности, для достижения общего блага.

Проблема обратимости времени

Марков Ю.Е.
Научный руководитель – профессор, к.филос.н. Колганов С.В.
МАИ, каф. ФиСК
markov.yuriy94@gmail.ru

Философия как форма общественного сознания, исследующая наиболее общие характеристики и фундаментальные принципы бытия, одним из основных объектов своего изучения рассматривает время. Время – это категория, представляющая интерес, как для гуманитарных, так и технических наук, поскольку, в силу связанных с ним загадок, является темой для бесконечных дискуссий и рассуждений, а с другой стороны – поддаётся измерению, подсчёту и выражению через математические формулы.

Однонаправленность времени в философии признается наиболее фундаментальным свойством, определяющим его качественную природу. С представлением об однонаправленности времени тесно связан вопрос о его гипотетической обратимости. Реальная проблема обратимости как повторяемости явлений и необратимости как их неповторимости возникает из следующих противоречий: в одном случае объект возвращается в точку, где он уже был, а в другом - такой возврат возможен только относительно.

Среди ученых и философов никогда не было единого мнения об обратимости как свойстве времени, невозможном ни при каких обстоятельствах. Так, Платон в работе «Политик» обосновывал концепцию развития мира подобную маятнику, при котором движение Вселенной устремлено то в одну сторону, то в противоположно направленную. Таким образом, повторение событий возможно, но в обратном направлении. Противоположного мнения придерживался один из столпов средневековой философии Августин Блаженный. В своей «Исповеди» философ пишет о том, что следы прошлого разрушаются, так как время проходит, а пространство наполняется свершающимися событиями.

В физической науке ученые так же не пришли к единой точке зрения по поводу возможности истинного разрешения этой основополагающей проблемы. Уравнения классической механики, как и уравнения классической электродинамики и термодинамики лишены такой характеристики как направленность. Уравнения движения в небесной механике Ньютона для гравитационных взаимодействующих масс остаются неизменными при формальном изменении времени на противоположное. Из этого следует обратимость решений уравнений движения, то есть возможность получить начальное состояние из конечного. Уравнения Максвелла, так же, как и уравнения классической механики, не изменяются при обращении направления времени. Второе начало термодинамики подразумевает возможность как увеличения, так и уменьшения энтропии.

Исследования многих ученых-физиков подтверждают необратимость времени. Саксонский физик Г. Лейбниц определял время как отношение последовательности состояний и порядок сменяющих друг друга состояний. Теория относительности А.Эйнштейна представляет мир в виде неразрывного пространственно-временного континуума. Другими словами, все события и процессы согласно этой теории происходят друг за другом, и их обратное течение невозможно.

Современные исследования в физике частично доказывают необратимость времени на микроскопическом квантовом уровне, однако подобных результатов нет на уровне макрокосмических объектов, и это оставляет место для дальнейших дискуссий.

В заключении следует отметить, что окончательное постулирование невозможности изменения направленности времени – это односторонняя, диалектически

несостоятельная позиция, которая к тому же является попыткой исчерпать на данном направлении исследований все богатство и качественное многообразие законов природы и космоса.

Космос и личность: Борисенко Михаил Иванович и его вклад в развитие космонавтики

Приходько М. А.
Научный руководитель – доцент Чирикова О.Б.
МАИ, каф. 002
Misha982009@mail.ru

Мой прадед - Михаил Иванович Борисенко родился 25 июля 1917 года в деревне Глыбоцкое. После окончания начальной школы уехал в Москву, где окончил среднюю школу, а в 1941 году — факультет радиотехники Московского энергетического института. С началом Великой Отечественной войны был призван в Красную Армию и прошел всю войну.

После окончания войны в звании гвардии старшего лейтенанта Борисенко был уволен в запас и направлен на работу в качестве начальника лаборатории Проектно-конструкторского бюро № 886 Научно-исследовательского института приборостроения. Вскоре возглавил отдел в этом институте. Руководил разработкой систем управления для советских межконтинентальных баллистических ракет, в том числе для ракеты «Р-7», которая осуществляла запуски первых искусственных спутников Земли, автоматических межпланетных станций, космического корабля «Восток».

Михаила Ивановича Борисенко нельзя причислить к числу учёных-творцов. Эту роль в отделе играл «коллективный разум» его «гвардии» - молодых талантливых специалистов, жадно, с полной самоотдачей творивших под его руководством новую систему радиоуправления для межконтинентальной ракеты. Михаил Иванович проявил себя в другой научной ипостаси: в качестве талантливого организатора науки, - талант не менее ценный и, может, даже более редкий, чем талант учёного-творца. Если его «гвардию» сравнить с оркестром талантливых исполнителей, то он был его дирижёром, причём дирижёром выдающимся. Он был главным конструктором системы не по званию, а по сути. Он отслеживал весь ход разработки и умело управлял им: вовремя замечал узкие места и оказывал требуемую помощь, при выборе вариантов брал на себя смелость решения, всё взвесив. Служил, если можно сказать, «бульдозером», если надо было смести какие-то препятствия в работе. Он владел тонким искусством вовремя принять решение и твёрдо проводить его в жизнь. Придерживаясь мудрости «лучшее - враг хорошего», он умел определить момент, когда «хорошее» дозрело, а «лучшее» следует оставить для размышлений на будущее. Михаил Иванович первым, как только появились возможности для создания системы радиоуправления межконтинентальными ракетами в 3-сантиметровом диапазоне с использованием непрерывного излучения, по своей инициативе развернул работу в этом направлении, не считаясь с формальным распределением обязанностей между подразделениями института, и успешно в рамках только своего отдела завершил эту работу.

Карьера Михаила Ивановича в НИИП закончилась стремительно. Директор института, оценив силу характера и организаторские способности Михаила Ивановича, решил его повысить и сделать своей «правой рукой» и верным помощником. Он назначил его главным инженером института с большими полномочиями. Но Михаил Иванович сразу круто взял «руль на себя», поставил своих людей на руководящие посты, проявил чрезмерную самостоятельность, действуя по своему сценарию, а не по сценарию директора. И вскоре тот «сменил милость на гнев», и в 1975 г. Михаилу Ивановичу пришлось уйти из института. Но выращенная им «гвардия» не затерялась и сохранила достойное место.

Этические аспекты астробиологии

Самончев С.С., Шаймарданов А.М.
Научный руководитель – проф., д.ф.н. Цвык И.В.
МАИ, каф.001
samonchev.gleb@bk.ru

Процесс освоения космоса неумолимо движется вперёд. С каждым месяцем человечество открывает все больше экзопланет, порой обнаруживая планеты, похожие на Землю. Вполне вероятно, что на одной из них возможно существование жизни. Вокруг нашего Солнца также вращаются множество миров, на которых потенциально могла бы зародиться жизнь: Марс, Венера, Галлиевые спутники, Титан и т.д. Получается, в какую бы часть небесной сферы не обратил свой взор наблюдатель с Земли, он рано или поздно обнаружит пригодные к жизни небесные тела. И рано или поздно наступит момент, когда человечество напрямую соприкоснётся с этим. Будем ли мы готовы к этому?

Астробиология изучает возможность существования и распространения жизни на других небесных телах во Вселенной, тесно взаимодействуя с рядом наук – астрономией, физикой, химией, космической биологией. Астробиология обращается к трем фундаментальным вопросам: «Каково происхождение жизни?», «Существует ли жизнь вне Земли?» и «Каковы перспективы дальнейшего существования и эволюции жизни на Земле и за ее пределами?» В ранней истории человеческой мысли эти вопросы рассматривались в сфере философии, богословия и этики. Сегодня научный инструментарий применяется на стыке астробиологии и ее гуманистического и социального воздействия, что проявляется в необходимости выработки ее этических основ.

Хотя жизнь вне Земли пока не обнаружена, человечество уже сегодня демонстрирует этическую ответственность в освоении космоса. Все спускаемые аппараты, предназначенные для изучения поверхности иных небесных тел, проходят обязательную стерилизацию. Более того, космический аппарат «Юнона» в конце своей миссии будет направлен в атмосферу Юпитера для того, чтобы не занести на его поверхность биологический материал. Более старые космические аппараты («Пионер», «Вояджер») несли в себе пластинки с сообщениями для инопланетных рас (которые вызвали неоднозначную реакцию научного общества). При этом знания, полученные с помощью наших многочисленных космических посланников, растут с каждым годом, и встреча иной формы жизни является только вопросом времени. Недалек тот день, когда нам придется задумываться о моральном статусе нечеловеческих организмов, брать их в сравнении с животными на Земле и пересматривать наше отношение к ним.

Вопросы этики должны решаться уже сейчас, в преддверии новых научных миссий. Уже сейчас некоторые частные космические компании говорят о колонизации Марса. Необходимость разработки этических аспектов астробиологии осознается сегодня все большим числом ученых, которые решают прикладные задачи в области освоения космоса. Они предлагают различные подходы к решению этой проблемы. Кто-то является сторонником антропоцентризма и считает, что во главе угла стоит человек, который на своём пути может пренебречь инопланетными формами жизни. Оппоненты антропоцентризма считают, что в первую очередь важен сам космос и отрицают любое вмешательство в жизни внеземных видов.

Если остановиться и подумать, то само наше существование посреди всей этой пустоты должно вызывать восторг просто потому, что наша планета вопреки всему не пуста. Это большое чудо и громадная ответственность. Когда мы отправляем в глубины космоса новый аппарат, люди должны быть уверены, что он, сверкая последней ступенью и расчертив наше небо от края до края, выполнит свою миссию с филигранной точностью для того чтобы не нарушить возможный налаженный механизм жизни на другом небесном теле.

Виртуальная реальность как социокультурный феномен информационного общества

Северин В.В.
Научный руководитель – профессор, к.ф.н. Колганов С.В.
МАИ, каф. ФиСК
vitonorthpublic@gmail.com

Нетрудно заметить, что XXI век характеризуется сверхбыстрым развитием информационных технологий. В философской рефлексии, особенно в последнее время, является существенно значимой проблема под названием «виртуальная реальность». Явление «виртуальной реальности» является доминантой современного социокультурного развития по причине повсеместного использования сети Интернет и компьютеризации практически всех сфер человеческой деятельности.

Виртуальную реальность допустимо воспринимать с точки зрения процветания информационных технологий или множественности «настоящих» миров, которые дают возможности в открытии новых горизонтов социально-научного развития общества. Можно считать, что виртуальная реальность обладает временной независимостью в условиях её создания и удерживается своим создателем. Если принять эти основополагающие гипотезы как данность, то можно поставить под вопрос потребность нахождения людей в настоящем пространстве и дальнейшего развития их материальных возможностей.

С точки зрения философии за информационными технологиями стоят более сложные аспекты, такие как ценностные ориентации человека, его жизнедеятельность и восприятие мира в целом. Можно предположить, что виртуальная реальность появилась даже не из-за информационных технологий, а из-за общественной необходимости, в том числе, в попытках отвлечься от обыденности. Опираясь на это, приходим к выводам, что несуществующая реальность создаёт жизнь с реальными задачами. Также стоит отметить, что возможности виртуальной реальности безграничны: от покупки еды до записи к врачу. На данный момент изобретены очки, и даже костюмы виртуальной реальности, позволяющие частично погружаться в киберпространство.

Явления, которые имеют отношение к действительности виртуальной, выступают как социокультурный феномен, влияющий на ход мирового развития. Большими скачками осуществляется переход от современной эпохи к новой, виртуальной эпохе. Современный человек может как осознавать, так и не осознавать всю революционность внедрения виртуальной реальности. Организм человека может дополнять себя до целостности, создавая требуемый ему идеальный мир, в котором можно общаться с различными людьми, получать некую самореализацию, то есть приносить себе состояние удовлетворённости. Пользуясь такими средствами, индивид получает «дешёвые» эмоции, упрощает реализацию психосоматических нужд человеческого тела. Люди меняются, и особенно заметно это на примере молодёжи. Никто не хочет возвращаться в реальный мир, принимать действительность еще характерную для 20-го века, проще «сидеть» в своём смартфоне или компьютере и создавать вокруг себя виртуальный мир. Данные патологии могут привести к разладу мировосприятия и тяжелым психологическим болезням, а также к проблемам в общении с реальными людьми в реальном мире.

Принимая во внимание вышеупомянутое, можно сделать вывод о том, что нынешняя жизнь всё сильнее и сильнее виртуализируется. Современные технологии позволяют заменить практически всё существующее на искусственные аналоги, человек имеет возможность неограниченно расширять свои желания и знания. В связи с данными обстоятельствами возникает столь настоятельная необходимость изучения явления виртуальной реальности посредством применения к нему всего арсенала научных и философских методов исследования, выявления закономерностей и опасностей виртуализации общества, а также своевременной коррекции его развития.

Сциентистские и антисциентистские подходы к оценке науки

Таран Н. А.
Научный руководитель – профессор, к.филос.н. Колганов С.В.
МАИ, каф. ФиСК
n1cktaran@rambler.ru

Наука оказывала значительное влияние на человеческое общество в течение нескольких веков. Сейчас, в связи с бурным развитием аэрокосмической промышленности, появлением принципиально новых ракет-носителей, она стала одним из ключевых социальных институтов, пронизывающим практически все сферы общества и культуры. Но когда в позднее время у интеллектуальной элиты возникли различные мнения относительно ее возможной оценки в системе культуры, начали складываться порой кардинально противоположные мировоззрения, такие как сциентизм и антисциентизм.

Столкновение сциентизма, или наукообразия, и антисциентизма, возможно, является вечной аппорциональностью в развитии цивилизации, когда научно-технологические достижения уже становятся обыденностью. Своего рода дуализмом, который олицетворяет противоречивую человеческую природу, с одной стороны, болезненно отражающую все недостатки в истории и культуре, но, с другой стороны, способную уравновесить их должным духовным развитием.

Сциентизм приветствует достижения науки и объявляет знания как высочайшие культурные ценности. Есть четыре характерных особенности сциентизма: защита положения, согласно которому только научные знания являются настоящим знанием, а все остальные типы знания представляются лишь домыслами. Представление, согласно которому все методы и предположения, на которых базируются естественные науки, могут использоваться в общественных и гуманитарных науках. Преувеличенная вера в науку как средство получения знания и решения всех значимых проблем человечества. И, наконец, приверженность науки материалистической, главным образом механистической, метафизике, однако, по словам Ричарда Уильямса, в действительности наука не нуждается в натуралистической, материалистической метафизике для успешного проведения эмпирического исследования.

Однако противники такого подхода, антисциентисты, утверждают, что подобная догматизация науки может привести к утрате всей основной ее сущности, состоящей в первую очередь в открытости и неполноте исторически переходных моделей действительности, которую она развивает, и переходе науки в новую религию, априорно дающую окончательный ответ на все основные вопросы бытия. Так, например, поворотным моментом в критическом анализе научных знаний стали работы Томаса Куна. Он ввел в методологию науки понятие великих скачков в развитии, которые приводят к изменению в научных парадигмах, и что любая наука полагается на социокультурный, исторический контекст, индивидуальность исследователя, и т.д. Когда изменяются научные парадигмы, происходит научная революция.

Вопреки возможному мнению, во многом антисциентизм выступает лишь в оппозиции стремлению сциентизма излишне возвышать оценку науки, при этом незаслуженно умаляя социальное и культурное влияние остальных аспектов деятельности человека в мире, таких как философия, искусство, эмоциональное сознание, и т.д. В своем роде, мы можем рассматривать антисциентизм, как определенную критику чрезмерной сциентистской абсолютизации науки с позиций гуманизма.

Очевидно, что такой подход также чреват негативными последствиями, такими как узаконивание иррационализма. Как всегда, необходимо избегать крайностей, а это требует дальнейшего тщательного анализа феномена науки как особого вида знания и всестороннего рассмотрения ее роли в жизни человеческого общества, способах активизации ее творческого потенциала и минимизации всего разрушительного.

Настоящее и будущее искусственного интеллекта

Фенько А.В.
Научный руководитель – профессор, к. ф. н. Колганов С.В.
МАИ, каф. ФиСК
aleksfenko@yandex.ru

Человек за долгое время своего существования накопил огромное количество информации во всех областях жизни. Появление ЭВМ, а затем и персонального компьютера, не решает всех задач. Поэтому человеку необходимо изобретение, которое могло бы превзойти представителей рода Homo sapiens в интеллектуальных способностях, на качественно новом уровне обработать все накопленные данные, что привнесет в жизнь нечто новое. Кардинальным решением этого вопроса может стать создание искусственного интеллекта.

На данный момент классификация моделей искусственного интеллекта следующая: сильный, слабый и обобщенный искусственный интеллект. Слабый искусственный интеллект существует уже сейчас, например, в виде Siri от компании Apple, но она способна работать только в предопределенных рамках. Обобщенный ИИ - пока в проектах, в этой идее еще очень много неразрешенных противоречий, что и служит источником для горячих споров. У обобщенного ИИ не будет сознания, подобного человеческому и присущего сильному искусственному интеллекту, но он гораздо более способный, чем слабый искусственный интеллект. Настоящий обобщенный ИИ будет обучаться на основе получаемой им информации, и сможет ответить на любой вопрос в рамках получаемого информационного материала (а также решать задачи в области заданных параметров). Сильный искусственный интеллект будет во многом походить на человеческий, моделируя его размышления и рассуждения, и возможно быстро превзойдет возможности человека.

При обсуждении искусственного интеллекта возникает два важных вопроса: каковы будут последствия его создания для человечества, и как с ним взаимодействовать? Литература уже представила множество сюжетов такого взаимодействия с трагическим для человечества концом, но все же лучше исходить из того, что искусственный интеллект принесет большую пользу людям. В то же время к созданию ИИ стоит подходить со всей ответственностью, как, например, к технологиям расщепления атома и нужно рассматривать проблему его использования как обоюдоострый меч. Также необходимо заранее определиться с этической составляющей проблемы, заслуживает ли ИИ защиты и получения человеческих прав? Если бы искусственный интеллект уже появился, то можно ли позволить человеку подвергать его своеобразной «эвтаназии» - просто отключать? Как к нему относиться в рамках нашей повседневной деятельности?

Маловероятно, что у нас в ближайшее время появятся ответы на эти вопросы, устраивающие всех. Как мы можем гарантировать, что у искусственного интеллекта, сравнимого с человеком, будут такие же права, как и у человека? Учитывая, что эта интеллектуальная система фундаментально отличается от человека, как мы сможем определить фундаментальные права искусственного интеллекта? Кроме того, если считать ИИ искусственной формой жизни, есть ли у нас право отнимать у него эту жизнь? До того, как будет создан обобщенный ИИ, необходимо серьёзно продумать все эти вопросы.

Проблема искусственного интеллекта так многогранна и безгранична, что потребуется еще немало времени для ее решения. А пока всю ответственность берут на себя непосредственно разработчики искусственного интеллекта. Например, компания Google уже предоставляет инструменты для работы с простыми нейросетями. Также существуют библиотеки по нейросетям с открытым кодом, например, OpenNN и TensorFlow. Благодаря усилиям таких компаний, сильный искусственный интеллект может появиться в обозримом будущем, и надо уже сейчас серьезно подготовиться к этому по всему комплексу изложенных здесь проблем.

Природа феномена квантовой телепортации и возможности ее практического применения

Филичкин С.А.
Научный руководитель – профессор, к.ф.н. Колганов С.В.
МАИ, каф. ФиСК
safilichkin@mail.ru

Под влиянием обилия произведений научной фантастики у простого обывателя может сложиться ложное впечатление о природе телепортации. Стоит понимать, что в действительности не происходит никакого магического перемещения объекта из одной точки пространства в другую, передается состояние на идентичный объект без непосредственного переноса частицы.

В основе процесса квантовой телепортации лежит эффект квантовой запутанности. Со стороны квантовой механики две запутанные частицы можно описать некоторой волновой функцией. После окончания взаимодействия независимо от расстояния между частицами, их все равно будет описывать та же функция. Характеристики этих частиц неизвестны в принципе: они находятся в суперпозиции. И только в момент измерения, когда приемник зарегистрирует параметры одной из них, у другой появляются соответствующие характеристики. Другими словами, произошла мгновенная пересылка параметров частицы на неограниченное расстояние.

На текущем этапе освоения эффекта квантовой телепортации ведутся обсуждения по использованию его в создании квантовых компьютеров, где в качестве носителя информации будет фотон, а единицей квантовой информации кубит – суперпозиция дискретных состояний «0» и «1». По производительности такие компьютеры будут превосходить современные в десятки порядков раз. Сейчас ведутся эксперименты, результаты которых послужат основой для квантовых повторителей, благодаря которым можно будет построить подобие современных телекоммуникационных систем. Также важной областью применения феномена телепортации станет квантовая криптография. Идея этой технологии состоит в том, что информацию без сцепленного фотона нельзя будет прочитать. Следовательно, никто не сможет скопировать информацию, если мы будем посылать ее в одиночном фотоне. Большую угрозу будут представлять квантовые вирусы, поскольку после телепортации они будут находиться вне компьютера. Теоретически, квантовую телепортацию можно будет использовать для более сложных объектов, так как они состоят из тех же атомов, квантовые состояния которых можно переслать. В результате, если у нас окажется необходимое количество частиц, и нам удастся привести их в нужное нам состояние, то в любом месте пространства может появиться объект (например, человек) ничем не отличимый от оригинала.

К сожалению, до реального использования феномена квантовой телепортации еще далеко. Мы находимся лишь на стадии научных экспериментов. Для воплощения в жизнь описанных квантовых технологий необходимо научиться передавать квантовые состояния между объектами различной природы, в том числе атомами, фотонами и т. д. Наибольшую практическую ценность на данный момент представляет стремительно развивающаяся квантовая криптография, которая хоть и не обеспечивает полную надежность, но позволяет получать уведомление о попытке чтения сообщения.

Несмотря на эти трудности уже сейчас космические технологии и технологии квантовые успешно дополняют друг друга. Так, Китай в августе прошлого года успешно запустил первый в мире квантовый спутник. Спутник получил название «Мо-Ди», в честь древнего китайского философа и его миссия рассчитана на 2 года. В ходе двухгодичной программы, в частности, будет исследован механизм квантовой запутанности и проведена квантовая телепортация между тибетской наземной станцией и спутником.

О космическом будущем человечества

Хачикян С.А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Иванов М.А.
МАИ, каф. 001
Samueller1111@gmail.com

Космическое, а не земное будущее человечества рассматривалось и в прошлом и сейчас обсуждается различными прорицателями, мыслителями, фантастами, учеными. Представления о космическом будущем имеют, как правило, ненаучный и утопический характер. В современных условиях ближний космос, по крайней мере, околоземное космическое пространство, все более вовлекается в сферу человеческой практики и является человеческой реальностью. Это говорит о научном подходе к космосу. Однако, будет ли дальний космос такой реальностью?

Полеты человека в космос показали, что космос враждебен для человека, требует огромных затрат и усилий. Тем не менее, разговоры о космическом будущем человечества продолжаются и усиливаются. Причем мотивация таких размышлений меняется. Известно изречение К.Э. Циолковского: «Земля - колыбель человечества, но нельзя вечно оставаться в колыбели». Это изречение подчеркивает временность человека на Земле, его предназначенность для не земной жизни. В философии Циолковского космическое будущее человечества мотивируется задачей развития и совершенствования человека. В современных условиях размышления о жизни человека в космосе вызваны в значительной мере задачей выживания и спасения человечества. Такая мотивация является симптомом неблагополучия земной жизни, глубинными проблемами современной цивилизации.

Одним из ярких мыслителей на эту тему является выдающийся английский физик-теоретик Стивен Хокинг. Он полагает, что для дальнейшего выживания человеческого рода, необходимо осваивать космос и планеты с благоприятными условиями для человеческой жизни. Будущее человека, по его мнению, неразрывно связано с космическими путешествиями, и развитием инфраструктуры в этой области. Человечеству необходимо развиваться для того чтобы быть готовыми выжить и спастись от глобальных катастроф.

Людей, оставшихся на Земле, ждет риск двух типов катастроф, полагает Хокинг. Первый тип человечество может создать самостоятельно, например, вызвав климатические аномалии или применив различного вида оружие. К другому типу относятся риски, связанные с разного рода космическими явлениями, такими как столкновение с астероидом или другим космическим объектом.

Освоение космического пространства только ради выживания человеческого рода не является наиболее рациональным путем развития, так как, во-первых, степень благоприятности условий жизни для человека на других планетах неизвестна, и возможно, адаптация к ним будет протекать намного сложнее и губительнее в долгосрочной перспективе. А во-вторых, человеку необходимо пересматривать образ жизни и мышления, систему ценностей, которая может повлиять на будущее состояние генофонда человечества; обеспечивать необходимое качество окружающей среды и экологии, что позволит человеку адаптироваться к внешним условиям существования.

На мой взгляд, для дальнейшего развития научно-технического и социального прогресса необходимо не менять среду обитания, а работать над улучшением условий жизни на планете Земля. Для достижения данной цели можно использовать различные средства, в том числе и практическое освоение космического пространства.

Стратегии освоения мирового пространства в современном русском космизме (по работам Л. В. Лескова и Г. С. Хозина)

Цыденов К. А.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Грановский В. В.
МАИ, каф. 001
kirillcydenov@yandex.ru

Леонид Васильевич Лесков (1931 – 2006) и Григорий Сергеевич Хозин (1933 – 2001) своеобразно развивали общие интуиции русского космизма. Конкретные идеи данного направления предусматривали *активный эволюционизм* человечества по отношению к космосу. Однако технический прогресс, конкретные способы эволюции техносферы, роль человеческого фактора, не рассмотренные во всех аспектах в эпоху становления отечественного космизма, обусловили появление в нём особых проблем *гуманитарного* характера. Ближние и дальние перспективы техносферы (и ноосферы) исследуются Лесковым в жанре *стратегической футурологии*. Будущее техносферы можно представить, во-первых, в виде *парадигмы устойчивого развития*, базированной на *эколого-этическом императиве* (чувстве личной и общей ответственности всех землян за судьбы биосферы); во-вторых, в тесной связи с развитием государств, оснащённых современной техникой и управляемых зоркой технократической элитой, *когнитариатом*, – это чревато навязыванием западного (американоцентристского) стандарта остальному, менее успешному, миру и, по афоризму автора, «массовым тиражированием усреднённого человека». Лесков придерживается *теории ноосферогенеза*: ноосфера креативна, и для неё необходимо соблюдение принципов *коэволюции*, *компликативности* и *гармонизации*. Лесков выступает и как *синергетик*, отмечающий, что в любой системе возможны *кризисы* (*бифуркации*); их нельзя избежать, но возможно прогнозировать. Так как целостной стратегии этого предвидения ещё не выработано, приходится ограничиться так называемыми (термин Лескова) *«ноэтическими императивами»* (глобального мышления, духовности, антропно-демократическим и др.). Лесковым высказана мысль о важности для техносферы *ценностного* компонента. Мощное развитие технического производства в сочетании с крайним индивидуализмом (сегодня, прежде всего, на Западе) грозит ницшеанским «комплексом сверхчеловека». Этой обещающей разрушительность гегемонии уместно противопоставить выросшую из христианства русскую философию XX века с центральной для неё идеей *смирения* (Лесковым, в свете этого, делаются прямые отсылки к виднейшим русским религиозным мыслителям С. Н. Булгакову и Н. А. Бердяеву). Брошюра Г. С. Хозина (в соавт. с Ю. К. Ефремовым, см.: журнал «Знание». 1981. № 4) фиксирует как главную необходимость современного природоведения «выработку и постоянное совершенствование продуманной гуманистической позиции по отношению к природной среде». По мнению Хозина, теоретически недопустимо и практически неудачно использование таких выражений, как «покорение» или «охрана» природы; учёный сосредоточивают своё внимание на термине *природопользование*, введённом в практическое природоведение в 60-е гг. О природопользовании говорится как о междисциплинарной «новой отрасли знания». Общая идейная ориентация Хозина производится на «докучаевские понятия о целостности природного комлекса» и теорию биосферы В. И. Вернадского. Основная проблема освоения Вселенной связана, по мнению Хозина, с *нерациональным природопользованием*. Правильное прогнозирование случаев такого рода и их последующая аннигиляция есть *главная задача охраны природы*. В конечном счёте: а) Лесков ищет новые формы точного прогнозирования ставшего автономным бытия техносферы; ставит на место понятия *эволюции* понятие *коэволюции*; б) Хозиным показано (вопреки, например, К. Э. Циолковскому, но при полном приятии *перспективности* его же космических упований), что в первую очередь не внеземное пространство, а сама Земля требует внимательно-бережного (и, прежде всего, политико-экономически выдержанного) обращения и правильного освоения.

Философия сознания: авангард современной философской мысли

Черепанов С.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.к. Попей-оол С.К.
МАИ, каф. ФиСК
yasergey-96@mail.ru

Вопрос о природе сознания является центральным философским вопросом. Неудовлетворенность современных концепций о сознании объясняется неясностью самого понятия сознания. Джон Сёрл подметил, что дать исчерпывающее определение феномену сознания нет возможности. Поэтому повышенный исследовательский интерес к нему наблюдается не только в философии, но и в других научных направлениях, разрабатывающих теории сознания.

Сознание — состояние психической жизни человека, выраженное в субъективном переживании событий внешнего мира и жизни самого индивида, а также в отчёте об этих событиях.

Существует значительное количество противоположных подходов к проблеме сознания. Это связано с тем, что философия сознания не является точной наукой. Основными критериями истинности научных концепций являются логическая целостность, простота изложения, интуитивное подтверждение, а не соответствие экспериментам.

Основной проблемой сознания является психофизиологический дуализм соотношения сознания и тела (the mind-body problem). Но существующие взгляды данный спор не разрешили окончательно.

Сегодня описаны следующие направления философии сознания – солипсизм и аномальный монизм (как полярные друг к другу), интеракционизм, теория психофизического параллелизма, окказионализм, эпифеноменализм, психологический и логический бихевиоризм, теория тождества, функционализм, физикализм.

Кроме психофизиологической проблемы в философии сознания выделили «трудную проблему сознания»: «Почему мозг порождает сознания?». Почему мышление целиком не происходит «в темную»? Зачем нужны субъективные переживания?

Современный анализ связи философии сознания с религиозным (православным) мировосприятием выявил отсутствие конфликта между научными воззрениями и православными канонами мироощущения.

Сильное влияние на развитие философии сознания оказывают концепции классической механики, теории эволюции, генетики, квантовой механики, теории информации.

Анализ мысленных экспериментов «теста Тьюринга» и «Китайской комнаты» показал, что практические разработки искусственного интеллекта позволят проверить основные тезисы философии сознания, и что имитация мышления человека возможна при электронном конструировании модели сознания.

Следовательно, значимость философии сознания развития человечества – это вопрос решения природы смерти и бессмертия, веры в Бога, природы эмоций, восприятия, памяти и свободы воли. С темой свободы воли тесно связаны понятия ответственности и правовые вопросы. Тема бессмертия или хотя бы долгожительства сейчас является сильнейшим научным и философским драйвером в развитых обществах. Поэтому решение вопроса о возможности переноса «сознания» на другой материальный носитель может являться практическим применением философии сознания.

Значение теории сознания в становления искусственного интеллекта

Ярославцева М.М.
Научный руководитель – доцент, к.к. Попей-оол С.К.
МАИ, каф. ФиСК
chebmaria96@gmail.com

Современные проблемы сознания ученые и философы рассматривают через природу искусственного интеллекта (ИИ). Размышления философов об ИИ невозможны

без формирования теории сознания, отвечающего на вопросы, что есть сознание, как оно соотносится с физической материей и органическим телом.

Большинство современных философов даёт определение ИИ как системы направленной на моделирование или имитацию человеческого мышления, в частности способности к рефлексии.

Предложенный А.Тьюрингом эмпирический тест определил прагматический подход в области исследования ИИ. Но тест не даёт достоверной информации об осознании машиной собственного «Я». Более совершенная версия ИИ, в представлении философов-трансгуманистов, должна быть способна к обучению, планированию, общению на естественном для людей языке, представлению знаний (в том числе и творчеству) и принятию решений в условиях неопределённости. Но, обладая этими способностями, мышление ИИ будет сильно отличаться от человеческого интеллектуального механизма выработки решений, так как логика компьютера основана на алгоритмах. Выполнение алгоритма не требует от исполнителя понимания смысла заданных действий, так как даже у высокопроизводительного компьютера, выполнение действий сводится к преобразованию сигналов, которые имеют весьма условные значения. Человек мыслит и принимает решения иначе. Мы можем, основываясь только на интуиции и чувствах, мыслить образами, а не цифрами, что даёт возможность рефлекторного принятия решений. Именно эта особенность нашего мышления даёт нам понимание того, что мы существуем в мире и можем на него воздействовать по собственному желанию.

А что есть «желание»? Это не просто ожидание результата, а личностная заинтересованность в нём. Значит, разум неотделим от личности. А личность есть не имитируемое самосознание разумного существа.

Логика и подход к обработке информации остаются неизменными с середины прошлого века. Не существует строго сформулированного определения «разума», его состава и главных механизмов. Но всё же, вопрос о принципиальной возможности машинной имитации человеческого интеллекта остаётся открытым, так как в разных странах мира идут теоретические исследования, посвящённые созданию вычислительной техники на квантовом уровне, с совершенно другой логикой преобразования сигналов.

Но прежде чем ИИ станет реальностью, человек должен попытаться ответить на следующие вопросы:

1. Возможно ли существование ИИ вне природы сознания человека?
2. Сможет ли ИИ отразить в себе все возможности человеческого сознания?
3. Что принесет и чем грозит создание ИИ человечеству?

Секция «Управление качеством»

Применение аддитивных технологий в управлении качеством

Авдеев М.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Борисова Е.В.
МАИ, каф. УКиС
Avdeev2033@ya.ru

В настоящее время применение аддитивных технологий растёт в геометрической прогрессии и находит свое применение в областях связанных с управлением качеством продукции. Использование новшеств в виде аддитивных технологий позволяет: создавать рабочие прототипы будущего изделия, помогающие оценить заинтересованность в своем продукте и уровень качества будущей продукции; создавать комплектующие изделия или детали с высоким уровнем качества, которые невозможно создать с помощью других технологий.

Аддитивные технологии применяются для создания качества, которое невозможно создать с применением других технологических решений. К примеру, создание сложных

конструкций, используя литье, штампование, сварку и другие технологии невозможно соблюдение всех допусков, следовательно, изделие будет второсортного качества.

Технология трехмерной печати закладывает качество будущего изделия уже на этапе проектирования. Верификация качества проекта с помощью процесса прототипирования помогает оценить качество будущего изделия без запуска серийного производства и обеспечивает соблюдение правила 10-кратных затрат. Соблюдение этого правила помогает компании помимо оценки качества изделия, узнать заинтересованность рынка в продукте, экономя уйму средств. Технология - эксклюзивная «фишка», а так же современная интерпретация бережливого производства.

Применение аддитивных технологий помогает улучшать не только качество изделий, но и накладывают отпечаток улучшений в повседневной жизни человека. Примером тому является использование технологий 3-D печати во всем спектре промышленности, бионическое проектирование, и отличается от любых технологий возможностью создания собственного продукта.

Методика тестирования ПО, защищенная с точки зрения информационной безопасности

Александров В.В.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Рыбников С.И.
МАИ, каф. 301
alexandovv@yandex.ru

На сегодняшний день компьютеризация охватывает практически все сферы человеческой деятельности, поэтому особо остро встает вопрос о качестве программного обеспечения: дело уже не только в удобстве работы в какой-либо программе, сейчас ПО управляет оборудованием в больницах, атомными реакторами; активно используется в аэрокосмической области: управление космическими кораблями, самолетами и т.д. Многие компании во всём мире вкладывают огромные средства в тестирование для обеспечения качества своих продуктов, создают свои отделы, занимающиеся тестированием, или передают тестирование продуктов сторонним организациям. Самые крупные компании, которые хотят пройти сертификацию на высокий уровень CMMI (Capability Maturity Model Integration) создают свои собственные системы управления качеством (Quality Management System), направленные на постоянное совершенствование производственных процессов и постоянное повышение качества ПО.

Сегодня тестирование - это обязательная часть процесса производства ПО, направленная на обнаружение и устранение как можно большего числа ошибок до ввода ПО в эксплуатацию. Конечной целью любого процесса тестирования является обеспечение такого понятия как “качество”, с учётом всех или наиболее критичных для данного конкретного случая составляющих. В случае тестирования программного обеспечения – этой целью будет являться проверка того, что программа корректно выполняет функции, заложенные в нее разработчиком. Если смотреть с экономической точки зрения, то задачей тестирования ПО будет являться снижение стоимости разработки путем обнаружения программных дефектов на раннем этапе.

Т.к. тестирование является важным этапом жизненного цикла ПО, утеря или нарушение конфиденциальности тестируемых данных может повлечь за собой убытки компании-разработчику. Из этого следует, что обеспечение информационной безопасности данных – одна из важнейших задач на этапе проведения тестирования ПО.

На данный момент не существует единой методики тестирования ПО, защищенной с точки зрения информационной безопасности. Разработка подобной методики позволит сделать процесс тестирования ПО более защищенным, учитывая требования международных стандартов по информационной безопасности. Подобная методика будет применима ко многим областям производства, в том числе и к аэрокосмической отрасли.

Современный подход решения проблем при сертификации систем автоматического управления самолетом

Аманов Б. Р.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Рыбников С.И.
МАИ, каф. 301
begli.a@mail.ru

В данной работе предлагаются подходы к решению ряда современных вопросов, возникших недавно, связанных с сертификацией и контролем качества, применительно к системе автоматического управления самолета с традиционными элементами.

Современные методы контроля качества и мониторинга системы автоматического управления (САУ) самолетом представляют собой сложный программно-аппаратный комплекс.

При проектировании сложных технических систем, в частности САУ самолета, важными аспектами являются надежность, понижение степени отказа системы и точное выполнение команд, заложенных в алгоритме программного обеспечения, агрегатами самолета, а так же минимизирование расходов на разработку.

Для наглядности контроля качества каждого этапа проектируемой системы и для последующей возможности ее сертификации соответствующим требованиям норм, правил и стандартов, целесообразно разбить процесс на различные уровни, каждому из которых должен соответствовать свой контролирующий документ, который включает в себя все ошибки и исправления каждого уровня проектируемой системы.

Одним из подходов, с помощью которых можно реализовать контроль качества и процесс сертификации проектируемой системы на ранних этапах ее создания является, так называемый, принцип «сквозной» сертификации, выявленный из анализа зарубежных подходов и процедур сертификации САУ самолета.

Важнейшей процедурой реализации принципа «сквозной» сертификации является верификация, которая находит все большее применение в мировой практике, главным образом при проверке и контроле результатов работ на начальном этапе создания системы.

Данная процедура дает ряд преимуществ, таких как, подтверждение правильности принятых технических решений в условиях большой степени неопределенности на начальных этапах проектирования, сокращение сроков сертификации системы, упрощение процесса тестирования, вскрытие недостатков на ранних стадиях проектирования, которые легче устранить в процессе создания системы и прочее.

Кайдзен, как способ управления организацией

Ахмедянова А.Р.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Васильев В.А.
МАИ, каф. УКиС
vfkbyf1996@mail.ru

Кайдзен – это один из подходов к улучшению работы организации; концепция, которая охватывает философию, теорию и инструменты менеджмента, позволяет достичь преимущества на рынке в конкурентной борьбе. Если рассматривать концепцию в экономическом смысле, то она относиться к действиям по непрерывному улучшению всех функций предприятия, начиная от производства и заканчивая менеджментом.

Кайдзен нельзя назвать современной концепцией, так как она была введена в Японии во время восстановления экономики после Второй мировой войны и с тех пор начала распространяться на предприятиях мира.

Многие организации мира охотно пользуются этой концепцией, так как смысл ее заключается в том, что большое количество маленьких незначительных улучшений приводят к улучшению качества продукции.

Чтобы реализовать систему кайдзен на предприятии, необходимо учесть следующие принципы:

Стандартизация – это процесс стандартизации работы. Благодаря стандартизации создается основа для стабильной работы, но стандарты должны быть изменены при изменении как внешнего, так и внутреннего окружения. В методологии кайдзен процессы стандартизации никогда не завершаются, а стандарты постоянно совершенствуются. Совершенствование стандартов выполняется известному в управлении качеством методу PDCA.

Организация рабочего места – это управление своим рабочим местом для оптимизации рабочей деятельности. Для методологии кайдзен это очень важно. В Японии данный процесс называется «gemba». Чтобы правильно организовать свое рабочее место, можно применить соответствующие инструменты управления, которые называются 5S методология. Термин 5S происходит от первых букв японских слов. Seiri (Сортировка) – работнику нужно отсортировать то, что ему не требуется в работе. Setion (соблюдение порядка, всему свое место) – нужно привести в порядок все, что требуется в работе. Seiso (содержание в чистоте, уборка) – рабочее место сотрудника должно быть чистым. Seiketsu (стандартизация – поддержание порядка) – необходимое условие выполнения первых трех правил, т.е. стандартизация первых трех шагов. Shitsuke (совершенствование, формирование привычки) – необходимо поддерживать установившиеся практики управления рабочим местом.

Устранение неоправданных потерь – это процесс поиска и устранения действий в процессах, которые не добавляют ценности в него. В Японии данный процесс называется «muda». Большая часть работ представляет собой последовательность некоторых действий, преобразующих начальный материал в конечный уже готовый продукт. Часть данных действий добавляет ценность продукту, а часть нет. Часть, не добавляющая ценности является потерями и должна быть устранена. В системе кайдзен рассматриваются 7 видов потерь или семь «muda»: ожидание, движение, транспортировка, технология, запасы, дефекты, перепроизводство.

Если учесть все эти принципы и грамотно ими воспользоваться при внедрении системы кайдзен в организации, то положительный эффект не заставит себя ждать.

Кайдзен – это такая система, которая позволяет повысить качество и производительность без существенных затрат, увеличить и улучшить конкурентоспособность и рентабельность производства.

Результаты надзора за рынком систем менеджмента качества

Ахрамович А.А. Болдырева А.В., Якимочева Е.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Борисова Е.В.
МАИ, каф. УКиС
ahramovich-aleks@mail.ru

Надзор за рынком системы менеджмента качества (СМК) представляет собой краткосрочное однодневное посещение представителями Международной организации по стандартизации (ISO) компаний, сертифицированных по стандартам ISO 9001:2008 и ISO 9001:2015, с целью проверки соответствия СМК полученному сертификату. Подобного рода проверки были инициированы организацией ISO совместно с Организацией Объединенных Наций по промышленному развитию (UNIDO) и Международным форумом по аккредитации (IAF) с целью определения состояния рынка систем менеджмента качества, выявления сильных и слабых сторон и путей дальнейшего развития.

Подобные проверки нацелены не только на рынок сертифицированных организаций, таким образом проверяются и органы по сертификации с точки зрения их способности достоверно проверять и сертифицировать системы менеджмента качества на возможность организаций последовательно производить продукцию и предоставлять услуги, способности удовлетворять клиентов и соответствовать законодательным и нормативным требованиям.

На основе посещения более чем 1600 сертифицированных по ISO 9001 организаций, были сформулированы следующие выводы:

1. Слабыми областями реализации СМК являются: плохое понимание сущности процессного подхода и его реализации, недостаток внимания к предупреждению несоответствий, плохой уровень соблюдения принципа постоянного улучшения, нерациональное использования подхода «Plan-Do-Check-Act» для управления СМК, отсутствие адекватного анализа причин несоответствий и применения корректирующих действий, плохое внутреннее взаимодействие персонала и отсутствие у работников понимания своей роли в СМК.

2. Результаты внедрения СМК согласно требованиям стандарта ISO 9001 привели к экономической эффективности в 95% случаев.

3. Восприятие внутри организации внедренной СМК по стандарту ISO 9001 находится на благоприятном уровне, однако значение сертификации СМК в большинстве случаев понимается слабо.

4. Большинство организаций, с сертифицированной СМК, довольны работой органов по сертификации. Однако, присутствует беспокойство по поводу слабой отзывчивости органов по сертификации.

5. Организации, в которых сертификацию СМК проводили органы по сертификации, аккредитованные местными филиалами зарубежных органов по аккредитации, показали самые слабые показатели соответствия СМК полученным результатам.

6. Ключевым выводом надзора за рынком СМК является факт существенно заметных отличий эффективности внедренной СМК и уровней доверия к сертификату соответствия по ISO 9001 в зависимости от сертифицирующего органа. Подобная ситуация присутствует на рынке органов по сертификации в зависимости от аккредитующего органа.

На основании получаемых выводов организация ISO планирует улучшения процессов разработки стандартов, организации процессов сертификации и аккредитации.

Российский опыт применения LEAN-технологий в сфере здравоохранения

Зубков Н.В., Базаев А.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Барменков Е.Ю.
МАИ, каф. УКиС
bazaevanton@gmail.com

Впервые о внедрении «LEAN-культуры» в сферу здравоохранения заговорили в 2006 году на конференции, организованной по инициативе Lean Enterprise Academy (Великобритания). Обсуждалась главная проблема: по оценкам экспертов около 50% времени у медицинского персонала не используется на действительное оказание услуг.

В России понимание важности и применение данного подхода к управлению - медицинским учреждением пришло несколько лет назад. В 2013 году ГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет» опубликовал результаты проведенных исследований в нескольких учреждениях здравоохранения. По их результатам оказалось, что основные потери при оказании медицинских услуг пациенту подразделяются на три категории:

- недостаточное информирование;
- некачественные процедуры;
- ожидание времени.

Выяснилось, что суммарные потери достигают 35% от затрачиваемых на здравоохранение ресурсов. На основе проведенных исследований начала разрабатываться, а затем внедряться программа по устранению потерь.

Суть программы состоит в разработке и применении методов, позволяющих оптимизировать процессы, которые не создают ценности, сокращении времени ожидания в очереди, информировании пациентов, обучении сотрудников поликлиник.

Основной проблемой, с которой сталкиваются пациенты поликлиник в густонаселенном городе – длительный простой в очередях. Чтобы попасть на прием к врачу, необходимо пройти ряд «испытаний»: занять очередь на запись к врачу, записаться

к врачу, затем снова прийти и занять очередь на прием. Данный вид потерь устранили методом Just-In-Time («Точно в срок») с введением ЕМИАС – Единой медицинской информационно-аналитической системы, с помощью которой появилась возможность записаться на прием к нужному врачу в удобное время самостоятельно, как в поликлинике через инфомат, так и дистанционно – на портале emias.info или с помощью мобильного приложения.

Раньше в поликлиниках наблюдался один поток пациентов, включавший в себя группу нуждающихся в непосредственном оказании медицинской помощи и группу людей, которые пришли взять справку, закрыть больничный лист, выписать рецепт и т.п. Сейчас пациентов разделили, как минимум, на две группы: одни получают необходимую помощь у врача, другие – на медицинских постах у медсестер.

Отказ от медицинских карт, введение электронного документооборота и электронные выписки значительно ускоряют время приема одного пациента.

В перспективе доступ к истории болезни будет возможен в режиме онлайн, налаженное взаимодействие с компаниями позволит обмениваться справками, больничными листами и прочими необходимыми документами без визита в поликлинику.

В работе рассмотрены примеры реализации LEAN-технологий на примере поликлиник в г. Москвы, выявлены преимущества и недостатки методов улучшения, сформулирован вектор развития поликлиник до 2025г. на основании собранной информации.

Обзор стандартов ISO серии 9000

Барменков Е.Ю., Бобрышев Е.Б.
МАИ, каф. УКиС
uks@mai.ru

ISO 9000 – серия международных стандартов, которая описывает требования к системе менеджмента качества организаций и предприятий. Данная серия разработана Техническим комитетом 176 Международной организации по стандартизации (ИСО ТК 176) на основе положений теории всеобщего менеджмента качества (TQM).

Базовым документом, от которого отталкивались разработчики первой версии стандартов ISO 9000, стал британский стандарт BS 5750, выпущенный Британским институтом стандартов (BSI). В свою очередь, национальный британский стандарт базировался на отраслевых стандартах военно-промышленного комплекса.

ISO 9000 содержит свод принципов менеджмента качества и словарь терминов соответствующей системы менеджмента. Ныне действующая версия – «ISO 9000:2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь».

ISO 9001 включает набор требований к системам менеджмента качества. Ныне действующая версия – «ISO 9001:2015. Системы менеджмента качества. Требования».

В версии стандарта ISO 9001:2015 относительно версии ISO 9001:2008 есть несколько дополнений и терминологических уточнений, в частности вместо термина «окружение организации» принят термин «контекст», подразумевающий внутренние и внешние факторы тех условий, в которых находится организация.

В разделе «02. Стандарты ISO на системы менеджмента» изложена взаимосвязь со стандартами ISO серии 10000, которые регламентируют вопросы определения и поиска путей и методов совершенствования системы, процессов, деятельности.

В разделе «03. Процессный подход» рассмотрена взаимосвязь процессного подхода и разделов стандарта ISO 9001:2015.

В отдельный подраздел «04. Цикл PDCA» выделен цикл Деминга и даются разъяснения о его применении к процессам.

В разделе «05. Представления о подходе, основанном на рисках», рискам уделено большое внимание. Требованием для организации становится определение ее рисков и действий по реагированию на них.

Раздел «06. Взаимосвязь с другими стандартами на системы менеджмента» разъясняется применение единой структуры стандартов на системы менеджмента.

Термин «исключения», принадлежавший разделу «1. Область применения» и «1.1. Общие положения», в версии ISO 9001:2015 не применяется, вместо него вводится термин «требования, которые не могут быть применены».

В версии 2015 г. стандарта ISO 9001 нормативные ссылки упразднены, т.к. все необходимые термины вошли в расширенный словарь раздела «3. Термины и определения».

Разработка и внедрение системы менеджмента качества в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 9001:2015 дает предприятию следующие преимущества: повышение прозрачности процессов, совершенствование управляемости организации, укрепление репутации, возможность выхода на новые рынки и демонстрация потребителю способность выпускать продукцию стабильного уровня качества.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Требования

Боевые биотехнические систем (боевые дельфины)

Белоусова В.Д., Алексеева Е.Е., Китаев В.Д.
Научный руководитель – профессор, ктн Юдин Г.В.
ГБПОУ СПО МО «Красногорский колледж» г. Красногорск

Считается что человек обладает самым крупным мозгом на Земле относительно массы тела (при массе 100 кг его мозг весит 1,5 кг, мозг дельфина черноморской афалины -почти 2 кг).

Ни для кого не секрет, что война - двигатель научно - технического прогресса. Для достижения военного превосходства люди готовы использовать любые средства, даже привлекать на свою сторону животных. В результате на свет появились совершенно уникальные подразделения дельфинов - диверсантов. Идея о превращении морских млекопитающих в солдат возникала в России в 1915 году. В 1967 году в Казачий бухте Севастополя был открыт первый советский военный океанариум. На довольствие было поставлено 50 дельфинов - афалин. Дельфинов готовили по нескольким направлениям: охрана и патрулирование местности, уничтожение диверсантов, поиск и обнаружение подводных объектов. Обучение проходило по давно наработанным шаблонам: действие - подкрепления. У животных вырабатывались навыки нужного поведения. В сентябре 1973 года океанариум посетил Главком ВМФ адмирал Горшков, который был приятно поражен увиденным. Дельфины обнаруживали диверсантов в 80% случаев. В открытом море вероятность обнаружения приближалась км 100%. Скрыться от боевого дельфина просто невозможно, да и скрыться от них под водой человеку не с руки. Севастопольских дельфинов не обучали убивать людей - поэтому, достигнув цели, они только срывали с диверсанта ласты, маску и выталкивали его на поверхность. В феврале 1977 года на черноморском флоте появилось еще одно подразделение - поисковые. Полностью оно прославила океанариум и принесло огромную пользу флоту. У афалин имеется прекрасный акустический радар. При этом он намного совершение всех технических устройств подобного характера, что придумал и сделал человек. При помощи эхолокатора животные могут находить даже самую мелкую рыбешку, но и заглядывать под землю до метровой глубины. И при этом они безошибочно определяют из чего сделан затонувший объект: из дерева, бетона или металла. В своей специальности поисковые дельфины достигли невероятного мастерства. Они даже освоили подводное фотографирование. Специально для спецподразделения был разработан на ПАО «Красногорский завод им. с.А. Зверева» фотоаппарат, выдерживающий глубины свыше 100 метров. Животных учили правильно направлять объектив на цель, замирать и только в этот момент спускать затвор. Одна из сложностей при подводной съемки состояла в том, что мощная вспышка слепила дельфинов, поэтому пришлось учить их закрывать глаза. Потом по фотографиям

можно было легко определить, что за находка лежит на дне и стоит ли тратит силы на ее подъем. Иногда за помощью к военным обращались и гражданские ведомства. Например, по просьбе археологов боевые дельфины искали и находили останки античных кораблей. С их помощью со дна поднимались древнегреческие амфоры и другие предметы старины. И так на тренировочных базах за морскими животными ведется уход профессиональными ветеринарами, морскими биологами и ксеносерургами. Сегодня на вооружении ВМС США, согласно официальным данным, стоят пять биотехнических систем с боевыми морскими млекопитающими. ВМС США данные системы обозначаются как «Морские биологические», но более правильным будет применение к ним классификации, веденной еще советскими специалистами - биотехнической системы, поскольку в их состав в ходят не только животные, но и различные технические средства.

Роль потребительской оценки в управлении конкурентоспособностью

Бердина Е.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Землянская Н.Б.
МАИ, каф. ПМ инс. №4

Сотни миллионов потребителей во всем мире убеждены, что приобретение качественного товара - неотъемлемая принадлежность нормального образа жизни. Проблема качества и конкурентоспособности продукции носит в настоящее время универсальный характер. От того, насколько успешно она решается, зависит многое в экономической и социальной жизни любой страны.

Конкурентоспособность любой продукции во многом завит от того, как потребители оценивают ее качество. Таким образом, можно сказать, что, оптимально удовлетворять потребности покупателя - это путь к высокому уровню конкурентоспособности продукции. Компания может расширить спектр свойств, добавив к ряду выпускаемой продукции модели более высоких уровней, что действительно может повысить конкурентоспособность. Более того, выход на рынок высококачественной продукции предоставляет производителю бесплатную рекламу.

Чтобы сохранить свое место на рынке необходимо следить за поведением конкурирующих товаров, то есть заниматься проведением маркетинговых исследований с целью выявления потребностей, ожиданий и удовлетворенностей покупателей. Потребительская оценка оказывает огромное влияние на управление качеством товара, повышая конкурентоспособность предприятия. Для победы в конкурентной борьбе компания должна первой предложить новый товар с теми свойствами и характеристиками, которые ждет и ценит покупатель.

При разработке и выводе на рынок новых брендов, специалисты используют НПС (Норму потребительной стоимости) для оценки потребительского восприятия того или иного товара. Качество тесно связано с требованиями, но не всегда им соответствует. НПС является одной из основополагающих категорий бренд-маркетинга, которая помогает измерить свойства товара потребностью в них. Показатель, рассчитанный на основе НПС, дает возможность отслеживать движение товара по всем стадиям его жизненного цикла. Потребительская оценка отражает потребности покупателя. НПС показывает, в какой степени свойства определенных товаров и услуг соответствуют потребностям и запросам потребителей. Процесс покупки возможен при условии, что показатель НПС стремится к единице, то есть потребитель удовлетворен свойствами товара. При НПС меньше 1 имеет место неудовлетворенность спроса, т.е. когда потребности больше, чем уровень предлагаемых свойств. В данном случае производитель должен тщательно проанализировать причины снижения НПС, что привело к уменьшению объема продаж товара. Если НПС больше 1, это значит, что параметры свойства товара, услуги, технологии больше, чем осознанные потребителями потребности в них, формирующие спрос. В этой ситуации открываются широкие возможности для воспитания потребителя через различные маркетинговые мероприятия.

Таким образом, расчет НПС позволяет управлять процессами производства и реализации. Ключевая задача отдела маркетинга предприятия – нацелить сотрудников на

активное изучение мнений потребителей о выпускаемой продукции фирмы, конкурирующих товарах, а также о проблемах и перспективах жизни и работы потребителей. Покупатель должен быть уверен в качестве приобретенного продукта.

Инновационные технологии, внедренные на производстве, регулярные расчеты индекса лояльности и НПС позволяют фирме точно анализировать активность клиентов и оперативно реагировать на тенденции и изменения, происходящие на рынке. Современным потребителям необходим быстрый и качественный сервис с использованием всех доступных каналов взаимодействия. Эффективная работа отдела маркетинга позволяет повышать качество товара и сохранять конкурентоспособность.

Риск-ориентированное мышление в авиационных компаниях

Бобров М. А.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Васильев В.А.
МАИ, каф. УКиС
maks-bobrov-1993@mail.ru

В настоящее время, согласно статистике за 2016 - 2017 год, в мире произошло 9 авиационных катастроф, повлекшие за собой гибель людей. Существует достаточно много причин, которые могут привести к таким событиям. Это и отказы техники, и различные неблагоприятные погодные условия, и терроризм. Но самой основной причиной является человеческий фактор, так как от людей (технические службы, пилоты, диспетчеры) зависит многое. К данной категории факторов можно отнести, например усталость или принятие пилотом неправильных решений в сложных критических ситуациях; недобросовестное проведения технического обслуживания воздушного транспорта; невнимательность и халатность авиадиспетчеров. Поэтому ситуация, связанная с безопасностью полетов является актуальной проблемой на сегодняшний день.

Безопасность полетов это одна из самых важных составляющих деятельности любой авиакомпании и представляет собой как комплексная характеристика, при которой риски снижены до минимального уровня. Для того чтобы безопасность была на приемлемом уровне необходимо организациям внедрение системы управления качеством, основанная на риск - ориентированном мышлении. Суть данного подходы заключается в выявление и анализе всех возможных рисков, которые касаются деятельности какого-либо предприятия, а также создание эффективной стратегии борьбы с ними. В новой версии стандарта ИСО 9001 - 2015 говориться о том, что концепция риск - ориентированного мышления является частью процессного подхода. Также этот стандарт гласит то, что от организации требуется определить риски и возможности, связанные с функционированием системы менеджмента качества (СМК) и принять соответствующие меры в отношении них. За счет детального анализа все рисков в рамках СМК результаты деятельности организации становится более стабильными, повышается доверие и удовлетворенность потребителей.

Во все времена залогом эффективного функционирования любой системой являлось своевременность, достоверность информации. Следовательно, качество безопасности полетов зависит не только от свойств объекта управления, но также в свою очередь будет зависеть и от информационной поддержки процесса управления.

Зачастую многие авиакомпании придерживаются стратегии, суть которой заключается только в реагировании на конкретные случившиеся инциденты. На мой взгляд, такое направление не несет какого-либо положительного эффекта, так как отсутствует более детальное рассмотрение коренных причин происшествий.

Наиболее эффективным направлением является стратегия, основанная на сбор информации не только о происшествии, которое уже произошло, но и на данных обычных полетов. Цель данного подхода – это заранее выявление наиболее уязвимых мест, прежде чем они дадут сбой, то есть такой подход способствует получению более точной полной информации о полете, спрогнозировать все нештатные ситуации, а также выявить все скрытые причины, тем самым минимизировать риски.

Применение данной стратегии поможет авиакомпания выявить фактические и потенциальные угрозы, связанные с безопасностью полетов, снизить риски и тем самым довести до высокого уровня систему управления качеством.

Основные положения процедуры управления несоответствующей продукцией на основе ГОСТ Р ИСО 9000-2015 и ГОСТ Р ИСО 9001-2015

Ахрамович А.А., Болдырева А.В., Гаврилков С.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Борзов В.И.
МАИ, каф. УКиС
stasyabv@inbox.ru

В деятельности любого предприятия возможны ситуации, когда по каким-либо причинам происходит отступление от принятых процедур, правил и требований работы. Эти обстоятельства происходят из-за различных факторов и могут привести к абсолютно любым результатам. В системе менеджмента качества допустимы подобные случаи, однако необходимо, чтобы все потенциальные и реальные последствия отступлений от принятых требований контролировались самим предприятием. Для этого в СМК предполагается разработка и внедрение процедуры управления несоответствующей продукцией (УНП).

Стандарт ГОСТ Р ИСО 9000-2015 не дает четкого и конкретного определения, что такое несоответствующая продукция (НП). Общепринято определение примерно следующего содержания: «НП – это продукция, требования к которой не были выполнены».

Однако национальный стандарт ГОСТ Р ИСО 9000-2015 содержит определение «требование», которое относится к понятию НП.

Само несоответствие можно рассмотреть с 2-х точек зрения:

1. Создаваемая ценность. С этой точки зрения НП – продукция, которая не выполняет потребности и не совпадает с ожиданиями заинтересованных сторон.

2. Спецификация. С этой точки зрения НП – это продукция, которая не согласуется с установленными документированными требованиями к ней.

Таким образом, исходя из понятий «требование» и «несоответствие» было предложено следующее определение: НП – это продукция, которая не согласуется с установленными документированными требованиями к ней и/или не выполняет требования (потребности и ожидания) заинтересованных сторон.

Далее рассмотрим сам процесс УНП. В вышедшей версии ГОСТ Р ИСО 9001-2015 в пункт по УНП были внесены существенные изменения. Документирование процедуры по УНП больше не является необходимым, так как данное требование было упразднено. Теперь компания сохраняет всю информацию в виде нескольких документов соответствующего содержания. В них необходимо привести поэтапный процесс принятых действий по устранению несоответствий. Если НП находится уже на стадии доставки потребителю, то в соответствующем документе должны содержаться сведения о работнике или подразделении, которые принимали решение о работе с данным несоответствием.

Сам процесс УНП расширен. Теперь он также включают в себя изолирование НП, приостановку доставки, возврат несоответствующей продукции, информирование потребителя об этом, получение разрешения на повторную поставку.

Исходя из требований стандарта, было предложено следующее определение: УНП – это один из компонентов системы управления, в ходе которого происходит идентификация НП по установленным критериям, работа с ней согласно запланированным действиям, анализ причин возникшего несоответствия, утилизация либо переработка НП и реализация разработанных ранее корректирующих и/или предупреждающих действий, результаты которых являются базой для дальнейшего исследования и планирования работ с несоответствиями.

Применение концепции Шесть Сигм в военно-промышленном комплексе РФ

Ванчурин М.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Борисова Е.В.
МАИ, каф. УКиС
mikhail.vanchurin@gmail.com

Как известно, несколько лет назад правительство Российской Федерации решило приступить к серьезному реформированию армии. Для выполнения данной задачи было обещано выплатить до 2020 года сумму размером в 23 триллиона рублей, среди них значительная сумма так же выделяется на военную авиацию нашей страны. Итак, в ближайшие годы следует ожидать появления новых видов вооружения, военных комплексов и серьезных инноваций в данной отрасли. Но, возникает вопрос: как возможно распорядиться настолько огромной суммой денежных средств и при этом минимизировать различные затраты и время цикла при производстве и закупках военной техники, оборудования и т.д.? В этом могут помочь всем известные «бережливые Шесть Сигм». Ранее в России была создана ассоциация по данной концепции для продвижения национального, современного продукта, который сможет конкурировать на внешнем рынке. Теперь же перед ней будет стоять более сложная и объемная задача: совершенствование ВПК РФ.

На сегодняшний день внедрение передовых методик оптимизации производственных, управленческих процессов и контроля качества продукции в российском военно-промышленном комплексе – процесс неизбежный.

По отношению к другим методикам у «бережливых Шести Сигм» есть серьезное преимущество, так как они обладают большим практическим опытом в военной промышленности. Так, благодаря ним, армия США смогла поднять свой высокотехнологический потенциал в несколько раз.

Несколько лет назад отечественными практиками данной идеологии был представлен аналог Шести Сигм, имеющий название «Прорыв 2020». Он подразумевает создание в структуре Московской Области службы инноваций и совершенствования ВПК. Президент данной ассоциации Сергей Глухов утверждает, что многие из проектов американской практики можно позаимствовать чуть ли не целиком, адаптировав их под правовую базу и экономические условия РФ. Но это не значит, что данная идеология будет полноценным аналогом концепции Соединенных Штатов. К разработке «Прорыва 2020» будут допускаться только специально обученные и сертифицированные кадры, допущенные к праву работы с государственной военной тайной. Здесь же, в отличии от других систем, нельзя будет «прикупить» себе звание мастера или магистра, в Шести Сигмах единственным квалификационным повышением может служить какой-либо внедренный проект, обладающий экономическим эффектом, который будет подтвержден документально, что позволит отобрать более квалифицированные и перспективные кадры. Таким образом, на сегодняшний день эксперты утверждают, что применение данной методики на предприятиях военно-промышленного комплекса должно принести доход только в первый год внедрения около 200 миллионов рублей , не говоря о последующих периодах времени применения Шести Сигм

Из всего выше сказанного можно сделать вывод, что система «бережливых Шести Сигм» является наиболее проработанной и актуальной практикой, благодаря которой будет возможно, добиваться значительных финансовых и производственных показателей для ВПК РФ при минимальном использовании временных ресурсов.

Моделирование бизнес-процессов для повышения качества организационно-хозяйственной деятельности предприятия

Власова Е.М.
Научный руководитель – к.т.н. Полицына Е.В.
МАИ, каф. ПВК
Katerinka05@yandex.ru

В настоящее время существует большое количество различных предприятий. Многие предприятия имеют функциональную структуру управления, которая часто ведет к усложнению организационной структуры. Это проявляется в излишней численности персонала, узкой специализации сотрудников, большом количестве ненужных согласований и неумении нести ответственность на рабочих местах. Впоследствии это приводит к снижению качества предоставляемых товаров и услуг, росту расходов, уменьшению прибыли и незаинтересованности подразделений в конечном результате. С ростом численности предприятий в различных отраслях стремительно усиливается и конкуренция, что неизбежно приводит к необходимости эффективно и рационально использовать имеющиеся ресурсы. Для решения этой проблемы в условиях динамики развития предприятия необходимо проводить анализ существующих бизнес-процессов предприятия для их оптимизации и автоматизации.

Актуальность моделирования бизнес-процессов определяется тем, что современные предприятия должны постоянно заниматься улучшением своей деятельности, чтобы выстоять в условиях конкуренции. Это требует разработки новых технологий и приемов ведения бизнеса, повышения качества конечных результатов деятельности и внедрения новых, более эффективных методов управления и организации деятельности предприятий.

Разработка модели предприятия и всех его бизнес-процессов, рассмотренных с различных точек зрения, позволяет выявить возможность его совершенствования. Анализ работы предприятия по его модели - это удобный способ ответа на вопрос, что необходимо и достаточно для достижения конкретной поставленной цели.

Моделирование бизнес-процессов является одним из методов оптимизации работы предприятия, способствует улучшению качества и эффективности труда. В основе этого метода лежит описание процесса через различные элементы (действия, данные, события, материалы и пр.), присущие процессу. Моделирование бизнес-процессов позволяет провести детальный анализ работы предприятия, рассматривая каждый процесс отдельно. Модели могут быть составлены по различным аспектам и уровням управления.

Моделирование бизнес-процессов позволяет комплексно оценить деятельность предприятия, которая включает в себя большое количество процессов. Каждый процесс необходимо рассматривать детально, в противном случае снизится качество, скорость, прибыльность работы предприятия, и соответственно оно не выдержит конкуренции. Для того, чтобы избежать таких последствий, необходимо максимально автоматизировать существующие процессы. Для определения узких мест, требующих оптимизации, и процессов, которые могут быть автоматизированы, необходимо провести их анализ.

Применение сформированного по итогам анализа комплекса мер по оптимизации и автоматизации бизнес-процессов предприятия позволит улучшить существующие бизнес-процессы, повысить скорость выполнения, эффективность, качество работы и увеличить прибыль предприятия.

Стоимость внедрения системы tpm

Болдырева А.В., Гаврилков С.А., Марин Н.И.
Научный руководитель – к.т.н, доц. Борисова Е.В.
МАИ, каф. УКиС
qwertiner@yandex.ru

TPM — расшифровывается как «Total Productive Maintenance». Это система всеобщего обслуживания производственного оборудования. Один из ключевых вопросов,

волнующих владельцев производственных предприятий: какова стоимость внедрения TPM?

Стоимость внедрения TPM — это формула, которая складывается из того, что уже есть на предприятии.

Уже существующие на предприятии программы по техническому обслуживанию оборудования;

Возраст используемого оборудования;

Темпы внедрения системы.

Для предприятий, имеющих собственные превосходные программы по техническому обслуживанию и содержащих свое оборудование в прекрасном состоянии, стоимость внедрения TPM будет ниже, чем для тех, которые имеют плохие программы или не имеют их вовсе. Владельцы старого оборудования столкнутся с проблемой поиска запасных частей, и если найдут таковые, то их стоимость будет довольно высокой.

Если руководитель хочет, чтобы внедрение TPM проходило быстрыми темпами, то в этом случае годовая стоимость будет выше. Однако реальность такова, что стоимость внедрения TPM не является определяющим фактором. Рассмотрим способы покрытия затрат на развертывание TPM.

Во – первых можно отказаться от вложения капитала. Для демонстрации сокращения расходов от увеличения времени между отказами можно использовать среднее время между отказами. Это очень специфичный параметр, характерный для оборудования и деталей, но тем не менее является еще одним способом вычисления прибылей.

Существует еще много других возможностей по сокращению расходов (уменьшение стоимости оборудования на протяжении всего жизненного цикла, сокращение потерь от незапланированного обслуживания, затрат на персонал посредством исключения необходимости в третьей смене и т. д.).

Основные переменные — это текущее состояние оборудования (насколько хорошо оно обслуживается), люди (уровень их квалификации и компетентности) и упорство, с которым лидеры организации взялись за выполнение этой работы. Опыт показывает, что около 25% компаний, которые начинают внедрение TPM, имеют крупные успехи. Другие 25% имеют довольно хорошие успехи, но из-за конкуренции с другими программами, отсутствия постоянства усилий и устойчивого (постоянного) лидерства, эти успехи превращаются в скромные, которые могут затянуться надолго или зачахнуть после нескольких лет усилий. Оставшиеся 50% компаний терпят неудачу в первые полтора—два года.

Трудно оценить выгоду предприятия от улучшения морального климата в коллективе, отношений между ремонтниками, операторами и менеджментом, а также от появляющихся чувств гордости и удовлетворения тем, что оборудование и рабочие места стали чище и эффективнее. На самом деле это огромная ценность.

Отдача от вложений может быть вычислена за пятилетний период с ожидаемым уменьшением затрат на обслуживание на 25—30% и производственных затрат на 20—30%. Прибыли в первый год будут низкими (год вложений), если вообще будут, но они начнут расти, начиная со второго— пятого года.

Внедрение TPM на психологическом уровне

Герке С. Г.
Научный руководитель – доцент, Барменков Е.Ю.
МАИ, каф. УКиС
gerke1@mail.ru

Многим студентам технологического профиля из менеджмента известна система TPM. TPM (Всеобщий уход за оборудованием) — концепция менеджмента производственного оборудования, нацеленная на повышение эффективности технического обслуживания. Данная система построена на основе стабилизации технических процессов, сведения сбоев оборудования к нулю с помощью специально

обученных «малых групп». Можно сказать, что система TPM – это стремление к самым высоким показателям эффективности работы оборудования. Но со временем люди стали забывать, что на предприятие главную роль играет не машина, а человек который стоит за станком или наблюдает за процессами оборудования.

В своей статье я хочу предложить способы подготовки персонала к работе с техникой, впоследствии которых она будет работать в штатном режиме.

Первый шаг к совершенствованию работы с оборудованием состоит в том, что у каждого работника должен быть свой станок (свое рабочее место) с которым будет работать только он. Из века в век продвигалась идея, что оборудованием занимаются только ремонтные службы главного инженера, которые также должны его чистить.

Как свидетельствует опыт, при эксплуатации разного оборудования, работники теряют мотивацию к содержанию машины надлежащем образом. Если рабочие часто работают с разными станками, то у них отмечается недостаток ответственности за работу на этом оборудовании. В большинстве случаев работник становится безответственным и халатным к выполнению своих обязанностей без постоянного рабочего места.

Вторым шагом к совершенствованию являются постоянные тренинги внутри организации. Нет ничего хуже для руководителя, чем иметь в своей команде равнодушный и немотивированный персонал. Приоритетная цель руководителя - достижение целей организации. Поэтому суть тренингов заключается в информировании персонала, повышении квалификационных навыков, а также психотерапевтического приема, который позволяет людям развить мотивацию. Именно высокая мотивация сотрудников повышает эффективность выполнения задач, стоящих перед ними.

Перед началом тренингов сотрудникам организации указывают на их недочеты и ошибки для того, чтобы показать необходимость работы над ними. При проведении тренингов необходимо найти подход к каждому сотруднику, ведь мотивация строиться на индивидуальных потребностях, желаниях и чувствах, которые должны обсуждаться с ним лично. Может применятся внешняя мотивация: мотивация страхом и мотивация поощрения, а также внутренняя мотивация. Прекрасным примером прошлого века служит американский предприниматель – Генри Форд, чья фраза актуальна по сей день: «Только два стимула заставляют работать людей: жажда заработной платы и боязнь ее потерять».

Мотивация страхом и поощрением воздействует на позитивные стороны человеческой личности, повышая тем самым эффективность деятельности организации, в которой он работает. Мотивация страхом оказывает давление на слабые стороны человека, при таком подходе любой сотрудник будет в первую очередь думать не о том, как улучшить показатели своей работы, а о том, как бы не ухудшить текущее положение дел, а мотивация поощрением стимулирует человека на достижение собственной выгоды в виде материальных или нематериальных благ. Самомотивация же характерна людям с высоким уровнем амбиций. Это люди, которым всегда хочется большего, они не останавливаются на достигнутом, и их не устраивают второстепенные успехи. Они всегда будет стремится к лучшему во всех смыслах: желанию превалировать, личностному развитию, повышению уровня дохода, карьерному росту, материальному благополучию. Успешными организациями являются те, в которых присутствуют одновременно и применяются все три вида мотивации.

Эти способы подготовки персонала к работе с техникой повысят эффективность технического обслуживания.

Проблемы управления качеством услуг в сфере рекламы

Гитинаев И. М.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Борисова Е.В.
МАИ, каф. УКиС
Idris.iris.94@mail.ru

Рекламу можно считать старейшим видом продукции, к качеству которой предъявляют довольно строгие требования. На данный момент нет точной программы внедрения принципов всеобщего управления качеством в работу рекламных агентств. В

рамках исследования данной проблематики была исследована деятельность одного из рекламных агентств и сформирована структура протекающих там процессов: выход на рынок; получение технического задания; исследование задания, составление сметы, прикрепление отчета о прошлых проектах; личная встреча с клиентом: обсуждение планов, сроков, утверждение бюджета; выбор аккаунт–менеджера; распределение обязанностей: Креативный отдел. Получение технического задания от клиента, продюсирование мероприятия, написание сценария, коммуникация с production отделом, визуализация, согласование с клиентом. PR-отдел. Информирование базы клиента, коммуникация с селебрити (подтверждение статуса присутствия, условия присутствия, публикации), коммуникация со СМИ (договор о печати, упоминаниях, техническое задание журналистам, фотографам, блоггерам). Production отдел. Получение конкретного технического задания от клиента. Составление технического задания для подрядчиков, коммуникация между клиентом и подрядчиком. Застройка объекта (доставка, разгрузка, монтаж, демонтаж). Отдел кадров. Подбор персонала на проект (модели, хелперы, официанты, клининг).

В процессе описания, были выявлены основные проблемы, которые предстоит решать для оптимизации деятельности организации и повышения ее эффективности и результативности:

- Постоянно меняющие условия технического задания - клиент не знает что хочет. У него есть какие-то наброски, но нет точной модели проведения. Постоянно меняющиеся социальные культурные тренды заставлять перекраивать всю первоначальную концепцию.
- Обратная связь. Клиент-менеджер-клиент. К сожалению. эта проблема стоит очень остро даже в век информационного бума. Утверждение какой-либо мелочи требует согласования не одной тройки человек, вследствие чего сроки горят, бюджет растет, а клиент злится!
- Человеческий фактор. По разным причинам в творческих и креативных коллективах очень тяжело вживлять программы по улучшению качества, в частности применять методы TQM. Сотрудники из креативной сферы зачастую отрицательно относятся к какому-либо контролю их работы, в том числе и к контролю качества. Бытует устойчивое мнение, что наблюдение истребляет творческие способности, прежде всего креативные, и что методы, позволяющие оценивать уровень качества, не могут быть внедрены в данную сферу деятельности.

Оценивают эффективность рекламной компании по двум составляющим:

Информационная - количество упоминания в СМИ, социальных сетях , оценивает эффект психологического воздействия и изменение мнения у потребителей в результате такого контакта. Коммерческая – прибыль от использования конкретного инструмента или всей рекламной компании.

Для решения описанных выше проблем наиболее оптимальным в данной ситуации будет внедрение системы менеджмента качества, которая позволит описать все входные и выходные данные процессов, упростить обратную связь и согласование проектов. На разных этапах разработки и внедрения СМК возможно будет применить различные инструменты менеджмента качества, которые также будут направлены на формализацию деятельности рекламного агентства и получения результатов за более короткие сроки.

Необходимость стандартизации

Гордейчук С.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Борисова Е.В.
МАИ, каф. УКиС
gsn0611@mail.ru

Стандарты являются неотъемлемой частью жизни каждого из нас. Если мы не чувствуем их «присутствие», это не означает, что они не вносят вклад в наше существование. В настоящее время качество чего-либо должно быть наивысшего уровня,

это воспринимается нами как должное. Иначе просто быть не может, ведь мы платим за это, забывая, что именно стандарты играют ключевую роль в обеспечении качества.

Основная концепция стандартов серии ISO 9000, заключается в определенном наборе требований к системе менеджмента качества организаций и рекомендациям по их созданию.

Цели стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015: обеспечить потребителя качественной продукцией, изготовляемой в разных странах; обеспечить взаимозаменяемость некоторых видов продукции; содействие международной торговле, научно – техническому прогрессу.

Первая версия семейства данных стандартов была разработана Техническом комитетом ISO ТС 176, в марте 1987 года. За основу был взят британский стандарт BS 5750-79, который к тому времени был применен некоторыми крупными компаниями, но не учитывал некоторые немаловажные факторы.

Серия стандартов ISO 9000 более чем в 190 станах имеет статус национальных, применимы к абсолютно различным предприятиям, независимо от сферы деятельности. В состав ISO входит более 120 стран. Так же следует отметить, что данные стандарты неоднократно пересматривались, с целью сохранения актуальности и имеют пять версий (версия 1987 года, 1994 года, 2000 года, 2005 года, 2015 года). Собственно последняя на данный момент, пятая версия была выпущена 23.09.2015 года, и имеет существенные изменения на фоне стандартов изданных ранее. Сейчас многие предприятия находятся в процессе перехода на новую версию стандартов, однако можно отметить тот факт, что нововведенное понятие риск – ориентированного мышления - это то, в чем все нуждались. Именно это понятие сейчас на слуху и внедряется повсеместно. Ведь лучше предотвратить ошибку, чем устранять её.

Мы не можем сказать, какие нововведения будут в семействе стандартов ISO 9000, но точно можно отметить, что без данных стандартов мы не можем обойтись. Именно они дают нам уверенность в соответствующем качестве продукции, услуг. Следует помнить, что не только производитель ответственен за качество продукции, но и потребитель. Ведь, вовремя произведенная обратная связь, и малейшее представление о требованиях к качеству сделают огромный вклад не только в производство продукции, но и улучшат качество жизни каждого из нас.

Премии в области качества и СМК на их основе

Дулькина Я.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Борисова Е.В.
МАИ, каф. УКиС
dya1909@mail.ru

Качество продукции является приоритетным направлением в рыночной экономике. Многим организациям, в условиях жесткой конкуренции, необходимо разрабатывать программы по повышению качества и новые системы, направленные на улучшение управления, которые отвечают за процесс формирования определенного уровня качества продукции и услуг.

Чтобы подтвердить стабильность и надежность компании, необходимо иметь сертификат на соответствие системы менеджмента качества требованиям стандарта ISO 9000. Грамотное внедрение этой системы позволяет получить целый ряд преимуществ: повысить управляемость компании, конкурентоспособность и качество продукции и услуг, снизить издержки, сделать компанию клиентоориентированной.

Но СМК на основе стандартов ISO серии 9000 не гарантирует стопроцентного успеха и лидирующей позиции, так как другие организации могут иметь такую же систему.

Поэтому, многие страны задумались о том, что сертификат является важным элементом любой организации, но недостаточным для того, чтобы удержаться на высоком уровне. Для этого был создан такой конкурс, который называется «Премии в области качества». Участвуя в этом конкурсе, организации обеспечивают самосовершенствование

и конкурентоспособность своей системы. Награды за качество и достижение превосходства в бизнесе приносят признание лучшим организациям и являются важным элементом в стратегиях совершенствования, повышения производительности и конкурентоспособности как на микро-, так и на макроэкономическом уровне

Премии качества вышли за рамки обычного конкурса и рассматриваются как инструмент управления и совершенствования бизнеса. Критерии и модели премий являются передовыми в современных методах управления.

Организации, которые построили свою систему на основе стандартов и получили сертификат, хотят идти вперед и берут за основу системы критерии премий по качеству. При этом, они получают сразу два плюса: награда за качество и новая, совершенствованная система управления, которая приносит признание и конкурентоспособность.

Премии по качеству призваны стимулировать стремление к лидерству. Кроме того, они представляют возможность проведения самооценки для определения целей по совершенствованию деятельности предприятия. Также, премии в области качества начинаются на государственном уровне.

К национальным и уважаемым во всем мире премиям в области качества относят: премию Деминга; национальную премию качества Малколма Болдриджа; Европейскую премию качества.

Все эти премии произошли из разных стран и основали их разные организации и люди, но они вытекают одна из другой, дополняя друг друга. Критерии данных премий направлены как на совершенствование системы в организации, так и повышение конкурентоспособности на мировом рынке.

Но время не стоит на месте и для развития качества любой сферы, необходимы новые методики, разработки и конкурсы.

Впрочем, организация должна сама решать, стоит ли внедрять систему на основе премий по качеству, или остановиться на соответствии системы требованиям стандарта ISO 9000, главное, чтобы это было грамотно распланировано, внедрено и со временем давало свои плоды.

Оптимизация управления рисками при построении процесса закупок

Ишкильдина Н. С.
Научный руководитель – к.х. н. Нигматуллин А.Т.
УГАТУ, каф. СиМ
n.ishkildina2010@yandex.ru

Для производственных процессов неоспорима важность максимально полного определения вероятности и последствий влияния неопределенностей на деятельность компании, то есть рисков. Необходимо установить процессы, связанные с распознанием, анализом несоответствий и принятием решений, для того чтобы максимально повысить вероятность наступления положительных событий и снизить последствия наступления событий отрицательных.

В настоящее время данной проблеме уделяется большое внимание. Таким образом для менеджмента рисков предприятия необходимо, разработать документированные описания порядка выполнения процессов с учетом проведенного анализа рисков, интегрированные с системой управления качеством. Подготовка и введение документа должно предупредить или устранить ошибки при выполнении процессов, снизить риски их возникновения или смягчить их следствия.

Процесс «Управление закупками» является одной из самых важных областей деятельности предприятия. Закупки являются основой, составляющей деятельность в рамках управления материально-техническим обеспечением. Перед отделом закупок стоят следующие цели и задачи:

1. Приобретать необходимый материал по минимально возможной цене, но надлежащего качества в соответствии с политикой компании;
2. Снижать затраты отдела закупок;

3. Работать над поиском новых и выгодных поставщиков;
4. Развивать прочные отношения с имеющимися поставщиками;
5. Вести четкий и актуальный учет всех сделок;
6. Разрабатывать методики и соответствующую документацию.

В процессе закупок предприятия возможны в том числе следующие риски:

1. Недостаточный профессионализм специалистов, осуществляющих закупки;
2. Большая продолжительность процессов закупки;
3. Некорректность информационного обеспечения;
4. Отсутствие понимания как заказчиком, так и поставщиком нововведений регулирования контрактной системы;
5. Внешняя и внутренняя среда закупок т.д.

Управление рисками процесса закупок является согласованной деятельностью, направленной на исполнение требований к качеству проведения закупок в соответствии с федеральными законами № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» и № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц».

Для управления рисками при построении данного процесса рекомендуется провести оценку рисков по таким параметрам как:

- вероятность риска;
- величина последствий риска.

Желательно для оптимизации менеджмента риска при построении процесса закупок построить детальную модель, в которую необходимо включить оценку качества закупок, формирование документооборота для процесса, формирование структуры закупок, своевременное исправление в соответствии с поправками в нормативных документах. Проработав все возможные в настоящее время риски, связанные с процессом закупок необходимо разработать методику управления рисками для предприятия.

Система управления качеством по методологии TQM

Казакова А.Е.
Научный руководитель – Васильев В.А.
МАИ, каф. УКиС
uks009@mail.ru

Одним из важнейших факторов производственной деятельности практически любого предприятия, конечно же, является качество продукции или услуг. Качество товара обеспечивает не только защищенную конкурентную позицию и высокую долю продаж, но еще и устойчивую цену продукта. В настоящее время практическая хозяйственная деятельность показывает, что экономический успех и качество – величины прямо пропорциональные, логично, что неудовлетворительное состояние бизнеса обуславливается низким качеством продукции.

Качество менеджмента организации играет важную роль в конкурентоспособности современной компании. С каждым годом в России увеличивается число руководителей, видящих стабильность своего бизнеса в отлаженной системе управления, отвечающей мировым стандартам. Их задача сложна и проста одновременно: постепенно и целенаправленно перенимать более чем полувековой опыт управления у зарубежных компаний, учитывая национальную специфику, а также учиться на примерах отечественных предприятий лидеров.

Говоря непосредственно о TQM, стоит отметить, что одним из важнейших его компонентов – полное перераспределение ответственности по обеспечению качества в компании.

Принцип функционального распределения ответственности заключается в разделении обязанностей: отдел контроля качества отвечает за качество, а производственный отдел – за производство изделий. Устаревание данного принципа вполне логично, ведь он приводит к разрыву в обеспечении качества. В настоящее время ответственным за уровень качества становится уровень линейного распределения,

который отвечает за контроль предыдущих технологических операций. Предположим, что обнаружился дефект, конвейер останавливается и передает бракованное изделие обратно в цех для устранения брака. Эффективность данной процедуры по мощности превосходит даже материально стимулирование.

Так же хочу отметить, что всеобщее управление качеством нельзя рассматривать в отрыве от всеобщей ответственности по обеспечению качества, охватывающей все этапы жизненного цикла изделия, начиная от исследований и разработки, производства, сбыта и послепродажного обслуживания.

Точно так же TQM говорит и о том, что качество и эффективность не являются взаимоисключающими понятиями. Раньше же большинство руководителей считали, что у они имеют только два пути: или добиваться высокого качества продукции, или обеспечить низкую цену.

Говоря о руководстве нельзя обойти основную проблему внедрения TQM на производстве, это – человеческий фактор. Изменения, которые влечет за собой внедрение TQM, обязательно отразятся и на корпоративной культуре, и на сложившихся десятилетиями процессах. От воли и последовательности руководства компании зависит, сможет ли она преодолеть эти проблемы и сделать своих сотрудников сторонниками новой системы.

Таким образом, можно полагать, что исследование и анализ всеобщего менеджмента качества, является достаточно актуальным и требует пристального рассмотрения.

Автоматизация технологических процессов на предприятии по производству керамической плитки с целью улучшения качества

Кисельман Д.А. Колегаев В.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Барменков Е.Ю.
МАИ, каф. УКиС
vladimir-kolegaev@mail.ru

Обычно покупатель стоимость считает основным показателем качества, то есть, чем дороже керамическая плитка, тем она качественнее и лучше. Это заблуждение. Люди, никогда не смотрят на такой важный фактор как сорт керамической плитки. Что это такое?

В процессе производства керамической плитки отклонения от стандарта технологических параметров приводят к существенному разбросу линейных размеров готовых изделий.

Для устранения этих проблем, на некоторых зарубежных заводах шлифуют все выпускаемые плитки под один размер. Однако шлифовка — весьма трудоемкая операция и обходится она дорого.

Более целесообразным будет сортировка облицовочных материалов на несколько групп.

Сортировка. Прежде чем переходить к упаковки и далее на склад, плитку очень тщательно сортируют. Этот процесс помогает решить три задачи: 1) отбраковать дефектные изделия; 2) расфасовать плитки каждого сорта в разные партии с точки зрения размерности; 3) отделить первый сорт плитки от плитки более низких сортов (калибр) и цветности (тон). Процесс сортировки проходит очень тщательно и практически весь роботизирован, поэтому процент ошибки минимален.

Модернизацией линий сортировки за заводах по производству керамической плитки стали комплексы Robofloor**.** Они меняют на рабочем посту оборудование предыдущего поколения. Модернизации делается с целью увеличения производительности и уменьшения брака по бою и отбитостям плитки. Присосочные накопители предыдущего поколения TEK - PILE предназначены для складирования плитки с идеально ровной лицевой поверхностью. Robofloor– для работы (за счет создающегося разряжения) с любой поверхностью, в том числе и «сложными дизайнами».

В комплекс входят два основных устройства: планар и калибр. На калибре можно определить размер плитки и дефекты формы: трапецевидность, разность диагоналей. На планаре определяются дефекты, связанные с не плоскостностью плитки: перекос, локальный скачок, загнутый угол. На планаре для определения всех дефектов не плоскостности установлено 5 датчиков, которые измеряют координаты в 25 зонах плитки, а затем ПЛК рассчитывает соответствующие отклонения. При этом определяется и средняя плоскость плитки, чтобы минимизировать ошибки, связанные с ее наклоном или с наличием заусенцев на обратной стороне плитки.

Все это в совокупности улучшает показатели производства на стадии сортировки. При применении такого комплекса на линии сортирования брак готовой продукции уменьшается на 16%. В случае, если нужно быстро перейти на другой формат, Robofloor сделает это всего за три минуты.

Как мы видим автоматизация делает производство более эффективным. Сортировочные машины делаю ту работу, которую делал человек, в несколько раз быстрее, при этом улучшая показатели качества и полностью исключая человеческий фактор.

Разработка документированной процедуры в системе менеджмента качества «Управление конфигурацией при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ» в соответствии с требованиями стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и AS/EN 9100

Климович А.Г.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Зинин А.В.
МАИ, каф. ММК
agklimovich@gmail.com

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки – один из наиболее сложных процессов инновационной деятельности. В настоящее время взаимоотношения между заказчиками, производителями и поставщиками продукции и услуг развиваются на основе международного стандарта на системы менеджмента качества (СМК) AS 9100, который включает основные требования к системам менеджмента качества в соответствии с ISO 9001 и устанавливает дополнительные требования, определения и примечания для авиационной, космической и других отраслей.

При разработке сложных научно-технических программ важно учитывать и контролировать объектно-процессный состав (общую конфигурацию) разрабатываемых систем и конструкций и поток неизбежных изменений в процессе разработок. Ключевая роль в системе менеджмента качества принадлежит процессу управления конфигурацией, под которым понимают управленческую функцию, обеспечивающую контроль за идентичностью изделий по их техническим, эксплуатационным, экономическим характеристикам и функциям, а также контроль за вносимыми изменениями. Управление конфигурацией, как управленческая деятельность для разработки, производства и поддержания в рабочем состоянии конкретного изделия наиболее востребована для сложной продукции длительного жизненного цикла, к числу которых относится авиационная техника.

Введение в действие последних редакций стандартов ISO 9001:2015 и AS/EN 9100:2016 предполагает актуализацию процессов СМК, основанную на требованиях новых версий документов. В этой связи СМК предприятий и организаций авиакосмической отрасли должны содержать актуализированный механизм управления конфигурацией в рамках интегрированного проекта, сформированный на основе требований AS/EN 9100:2016. В этом случае конфигурация документируется в соответствующей конструкторской и технологической документации, чертежах, опытных образцах и моделях, определяющих характеристики будущего изделия. Особое внимание уделяется конструкторскому пониманию управления конфигурацией, которое возникает на этапах процессов проектирования и разработки конкретного изделия (выполнения

научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ) и сохраняет силу на последующих стадиях жизненного цикла.

В данной работе предлагаются методы разработки проекта конфигурации в виде документированной процедуры системы менеджмента качества, обеспечивающей проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ авиационного предприятия, которые затем могут быть использованы в управлении менеджментом, как в технологическом, так и производственном, эксплуатационно-ремонтном процессах. Пример базовой конфигурации приведен в работе в виде схемы базовой конфигурации интегрированного проекта при выполнении НИР и/или ОКР, устанавливающей связи между технической и административной частями проекта и позволяющей выполнять поэлементный анализ соответствия конфигурации заданным требованиям.

Анализ мотивации волонтерской деятельности студентов

Козырев Н.С., Плешаков М.С.
Научный руководитель – Рыжова И.М.
ГБПОУ МО Красногорский колледж
vladimir17032016@yandex.ru

Несмотря на доминирование в современном обществе материальных ценностей, среди молодежи набирает популярность добровольческая или волонтерская деятельность. Все больше молодых людей активно вступают в ряды волонтеров, бескорыстно помогают нуждающимся и незащищенным слоям населения, оказывают посильную помощь в организации и проведении массовых, социально-значимых и культурных мероприятий. Поэтому представляется необходимым исследовать и выявить причины данного феномена, так как он носит положительный характер, а полученные результаты данного исследования могут быть использованы для воспитания молодежи в качестве граждан с активной жизненной позицией, а также для развития общества в целом.

В ходе опроса молодых добровольцев выяснилось, что половина из них занимаются этой деятельностью менее полугода, тем не менее, многие (3/4 опрошенных) проявляют высокую активность (участвуют в мероприятиях не реже одного раза в месяц). Расширяются и источники информации о добровольческих организациях и движениях: помимо информации, полученной от друзей и на специальных мероприятиях, многие молодые волонтеры узнают о волонтерских организациях через СМИ или в учебных заведениях.

В исследования было выявлено стремление молодежи к занятию «легкими» и модными видами добровольчества, такими как: организация и участие в творческих проектах и культурно-массовых мероприятиях и помощь в проведении акций, форумов и выставок. Эти направления не требуют сильного морального и физического напряжения и приносят много положительных эмоций. Также обозначилось доминирование деловых потребностей, связанных с их будущим, т.е. волонтеры получают то, что поможет быть успешными в дальнейшем: опыт, полезные знакомства и саморазвитие.

Удовлетворение «духовных» потребностей (позитивные эмоции, духовное совершенствование и удовлетворение) не так популярно, однако более половины респондентов отметили, что получают положительные эмоции от занятия волонтерской деятельностью. На «социальные» же потребности (занятие свободного времени, самореализация, общение) практически не обращается внимание. Кроме того, четыре пятых добровольцев считают, что помощь людям – это главный и единственный мотив волонтерской деятельности, одновременно с тем, что подавляющее большинство уверены в полезности волонтерства для личностного роста.

Таким образом, для молодых людей статус добровольца дает возможность получить новые знакомства, информацию, опыт, знания, что позволит в будущем найти работу, войти в новую социальную или профессиональную группу, сохранить или приумножить социальные связи.

Административный и экономический подходы к управлению качеством авиационной техники

Колесов А.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Кильдюшевский М. В.
ВУНЦ ВВС «ВВА, каф. 71
maiklkill@mail.ru

Качество авиационной техники является основополагающим показателем боеспособности авиационных частей на огромном пространстве предполагаемых театров военных действий. Поэтому к уровню качества при создании летательных аппаратов предъявляется высокое требование.

Боевая авиационная техника представляет собой сложный технический комплекс и создание его - процесс наукоемкий, многоуровневый, разновекторный, итерационный.

Жизненный цикл авиационной техники представляет собой увязанный по условиям технического задания период, который принято разделять на этапы: научно-исследовательский, опытно-конструкторский, производственный, эксплуатационный, модернизации или капитального ремонта, утилизационный. Качество выполнения каждого этапа жизненного цикла формирует уровень отдачи образца техники.

В связи с вышеизложенным для нас становится явным сложность выполнения требований по управлению качеством на всех жизненных этапах авиационного комплекса, поэтому существует мнение в агрегации множества подходов в два: административный и экономический.

Рассмотрим отдельно каждый.

Административный подход представляет собой некую оболочку требований, в рамках которой и рождается будущий шедевр. Требования можно рассматривать как информационный ресурс, необходимый при проектировании, конструировании, производстве, испытаний, эксплуатации и утилизации. В содержание такого ресурса можно включить: автоматизированную систему научных исследований, автоматизированную систему управления производством, систему автоматизированного проектирования, автоматизированную систему конструирования, автоматизированную систему технологической подготовки производства, автоматизированную систему управления технологическими процессами и т.д.

Экономический подход связан со следующим обстоятельством: современная авиационная техника является дорогостоящей технической системой. От создания и в ходе эксплуатации оценивается эффективность действий всех функционирующих структур в условиях выделенных ресурсов. И критерием такой оценки становится качество осуществления испытаний, выполнения заданий в ходе эксплуатации.

В совокупности оба подхода заставляют научно-исследовательские, производственные и эксплуатационные структуры создавать и внедрять новые специализированные системы наземных испытаний агрегатов, узлов и изделий, в основе которых лежат методы имитационного моделирования.

Оптимизация работы с помощью подхода «Точно в срок»

Кудлова К.П., Соколова Е.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Одиноков С.А.
МАИ, каф. УКиС
uks231@mail.ru

«Точно-в-срок» (JIT) - это подход к управлению запасами на основе эффективной доставки компонентов на производство в тот момент, когда они требуются. «Точно-в-срок» - существенный элемент «тощего», или бережливого, производства.

Благодаря новому механическому и автоматическому оборудованию движение запасов стало более рациональным при более эффективном использовании складских помещений и серьезных прорывах в управлении сбытом и логистикой. В частности, системы контролирования запасов на базе информационных технологий, использующие

штриховое кодирование, интегрировались с другими системами в целях лучшего управления сборкой, запасами и мониторингом.

Используя систему, которая принимает компоненты тогда, когда они необходимы, подход «точно-в-срок» резко сокращает объем капитала, связанного с бездействующими запасами, что повышает эффективность и снижает затраты. С помощью подхода «точно-в-срок» компания добивается эффективного управления общей цепочкой поставок, рассматривая ее как единое целое. Снижение уровня запасов - это одновременно и внутренний и внешний аспекты деятельности компании, взаимосвязи между работниками на различных этапах производственного процесса и отношения с внешними поставщиками.

Однако подход «точно-в-срок» внедрить не так-то просто. Внедрение системы «точно-в-срок» должно быть скоординировано с развитием остальных систем управления производством и материалами.

Иногда недооценивается человеческий фактор управления качеством. Системы управления качеством, основанные на философии «правильно с первого раза», стимулируют расширение полномочий работников через развитие команд, кружков качества и обучения. В частности, совершенствование управления предприятием в целях сокращения простоев и повышения надежности оборудования в сочетании с поддержанием чистоты и порядка на заводе - важная составляющая успешного применения метода «точно-в-срок». Общая эффективность подхода напрямую зависит от вклада каждого работника в рамках принципа «вместе или порознь».

В последние годы многие фирмы стали описывать стандарты, процессы и системы управления качеством, и подробно документировать свои действия по обеспечению качества. Введение таких систем подразумевает внимательное изучение производства, операционных процессов и их поддержки (в том числе стандартов учета и движения запасов) и, как следствие, их усовершенствование.

«Точно-в-срок» - важная операционная система для производственных компаний и их поставщиков. С точки зрения техники, процедур и управления она требует:

- внимания к данным, информации и коммуникациям;
- оценки требований, необходимых для изменений в структуре производства, работе с материалами, производственных процессах и сбыте;
- совершенствования методов контроля затрат на поставки;
- пересмотра условий партнерства с поставщиками и возможностей для стратегического сотрудничества.

Необходимо согласовать изменения, а внимание руководства усилить, и тогда подход «точно-в-срок», скорее всего, даст желаемых улучшений. Необходимы видение всего процесса в целом, а также последовательный стратегический курс в целях улучшения продуктивности и эффективности на каждом операционном уровне, чтобы создать конкурентоспособную цепочку поставок.

Эквивалентные квалиметрические показатели качества продукции

Кузнецов С.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Денискина А.Р.
МАИ, каф. 104
drblack@lenta.ru

Квалиметрия, как наука о методах количественной оценки качества, рассматривает проблемы измерения и оценки качества продукции в сочетании с проблемами управления качеством. Под количественной оценкой здесь понимается отношение некоторых показателей качества продукции к аналогичным показателям продукции принятой за эталон. Однако возникает закономерный вопрос о том, как проводить количественную оценку качества единичного или нового вида продукции, эталона для которого просто нет.

На сегодняшний день принята комплексная оценка качества, которая складывается из отдельных дифференциальных показателей, которые определяются отношением существующих характеристик продукции к характеристикам эталона. На этом строиться

основная идея науки квалиметрии, чтобы сводить воедино в рамках комплексного критерия качества разнообразные показатели, характеризующие отдельные свойства продукции.

Большинство исследователей-квалиметрологов при разработке метода комплексной оценки качества делали ставку на простоту вычислений, конечный результат которых зависит от всех усредненных количественных величин. Это и является главным недостатком данного метода, поскольку принципиально неправильным видится использование комплексных или обобщающих оценок качества, перекрывая при том низкий уровень одних показателей более высоким уровнем других. В большинстве существующих методов комплексной оценки качества обобщающий показатель подсчитывается как некая усредненная величина из всех количественных показателей отдельных свойств продукции. В этом свете теоретически возможен случай, когда один из абсолютных показателей какого-то свойства может выйти за переделы установленного значения, при этом комплексный показатель качества может оставаться достаточно высоким, даже в том случае если за пределы допуска вышел один из показателей важного свойства объекта, что противоречит здравому смыслу.

На практике чаще всего применяются методы по расчету комплексного показателя с обращением его в нуль, при условии, что один из его показателей обращается в нуль. При этом наиболее рациональным видится решение, при котором обращение в нуль показателей не будет связано с усреднёнными величинами, и будет описываться функцией, которая при определённых условиях обращается в нуль. Такой приём был разработан Ю.И. Иоришем, а эта функция получила название «коэффициента вето». Однако в данной форме коэффициент ограничивает выход абсолютных показателей качества только за нижний предел установленного интервала значений. Решить данную проблему возможно если выразить коэффициент вето через функцию Хэвисайда. Данное решение не искажает результатов расчета комплексного показателя, однако в свою очередь ограничивает только выход за верхнюю границу интервалов значения. К тому же коэффициент вето способен приводить к падению до нуля комплексного показателя качества продукции при падении до нуля одного маловажного и не имеющих принципиального значения показателя, что также противоречит элементарному здравому смыслу.

В этом свете видится неправильной сама необходимость в определении нижней и верхней границ интервалов количественных показателей, особенно в том случае, когда эталона у выбранного объекта исследования просто нет. Решением данной проблемы может стать сравнение всех показателей качества с их эквивалентными значениями, полученными методом опроса и последующей обработки заключений экспертов аппаратом математической статистики. Приняв за обязательное условие соответствие минимальных значений показателей качества значениям их эквивалентов возможно проводить количественную оценку качества объекта, для которого отсутствует эталонный образец.

Повышения конкурентоспособности корпораций при проведение исследований в полярных регионах за счет управления качеством и технического регулирования

Куприков Н.М., Пономарев В.И.
АНО НИЦ «Полярная инициатива», МГИМО МИД России
kuprikov@tk187.ru

Российская Федерация активно развивает свое присутствие в полярных регионах. Поддержание приоритета Российской Федерации в Арктической зоне базируется на развитие научных исследований и образовательных инициативах академических институтов и университетов, государственных научных центров и высокотехнологичных корпораций [2].

В целях развития приоритета Российской Федерации в ходе исследований и присутствия в полярных регионах сформирован Технический комитет по стандартизации №187 «Проведение исследований в полярных регионах» (далее -ТК) в структуре

Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (далее - Росстандарт).

В утверждённой 20 февраля 2013 года Президентом Российской Федерации «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» [2] п.5 отмечено, что в сфере науки и технологий отмечается дефицит технических средств и технологических возможностей по изучению, освоению и использованию арктических пространств и ресурсов, недостаточная готовность к переходу на инновационный путь развития Арктической зоны Российской Федерации.

Создание ТК поддержано Государственным научный центр Российской Федерация «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт», АНО Научно-исследовательский центром «Полярная инициатива», Географическим факультетом МГУ имени М.В. Ломоносова, Северным Арктическим федеральным университетом имени М.В. Ломоносова, Председателем Комиссии по науке и промышленности Московской городской думы, АО Научно-производственная корпорация «РЕКОД» (государственный разработчик ГИС-систем), Союзом молодых инженеров России, членами Русского географического общества и Ассоциации полярников, ведущими российскими учеными и полярниками.Организационно-техническая работа по формированию ТК и работе секретариата ТК поручена АНО НИЦ «Полярная инициатива».

Стратегическое развитие Арктической зоны Российской Федерации, базируется на результатах научных исследований и системе непрерывного образования, как основы разработки и актуализации национальных и международных стандартов и правил [1-3], технических регламентов для организации научных исследований в полярных регионах, консолидации подходов и механизмов межведомственного взаимодействия российских участников арктической деятельности, а также международного сотрудничества.

Список литературы:

1. Приказа Росстандарт №777 от 07.07.2016;

2. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года. Утверждена Президентом РФ В. Путиным 20.02.2013г. - М.: Правительство РФ, 2013 – 18 с.

3. Федеральный закон от 27.12.2002 N 184-ФЗ (ред. от 23.06.2014) «О техническом регулировании» (с изм. и доп., вступ. в силу с 22.12.2014) (27 декабря 2002 г.) Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/ cons_doc_LAW_164633/, свободный.

Удобство использования СЭД на предприятиях

Купырев А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Борисова Е.В.
МАИ, каф. УКиС
solnushkoon@mail.ru

В наше время информационные технологии являются неотъемлемой частью жизни человека. Большинство людей на планете имеют тот или иной гаджет: персональный компьютер, ноутбук, мобильный телефон, планшет и т.д. Они облегчают жизнь людей.. Тоже самое касается и области качества. Благодаря данной области существует масса стандартов/ законов/ технических регламентов и т.д., которые постоянно обновляюттся, для соответствия минимальным запросам потребителей и их здоровья.

Допустим у нас есть производство молока, и конечно там много документов: ежедневная отчетность объема производства, список на проходной, записи команды А(одной из нескольких) производства, записи проверки качества и т.д. Эти данные должны храниться систематически и быть всегда доступными для проверки, а также для периодического анализа всего производства. Хранить их в бумажном варианте, идея неплохая, но она финансово дорогая, также надо их размещать в сейфах, которые следует подписывать чтобы не запутаться и т.д. То есть очень много факторов, влияющих на важные для производства документы. А если на преедприятие пришли с проверкой? Естественно мы побежим за документами, и если вдруг их найдем в испорченном виде

плюсом нам это конечно не выйдет. Значит нам нужно более лучшее решение, чем бумажный носитель.

И такое решение есть – СЭД. СЭД – система электронного документооборота. Функционал данного вида программного обеспечения направлен на управление, изменение, поиск и т.д., то есть на работу с документами предприятия. Согласитесь намного удобнее работать с документом, который находится в базе данных предприятия, совмещенной с СЭД.

Плюсы от внедрения СЭД на предприятия:

- Уникальный индентификатор документа, позволяющий избежать путаницу в документах.
- Единая база данных, хранящая в себе все документы предприятия.
- Удобный поиск, позволяющий оперативно находить нужный документ.
- Прозрачность процессов – отслеживание этапов выполнения работы.
- Сокращение затрат времени – создание, поиск согласование и т.д., не занимают много времени.
- Конфиденциальность информации – доступ к информации можно получить только сотрудник с назначеными правами.
- Развитая система отчетности, с помощью которой проанализировать ход выполнения работы, основываясь на данные из отчетов.
- Экономия – сокращение затрат на распечатку и поддержание актуальных версий докуентов.

Именно информационные технологии с совокупностью прогрессивных технологий материального производства, в итоге предоставляют нам возможность повышения производительности труда и качества продукции, при этом сокращая сроки, а СЭД повышает качество процесса производства.

Постановка задачи разработки системы, исключающей возможность установки неликвидных запасных частей и агрегатов на воздушное судно

Липунов В.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Боков М.М.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 84
slavyn_555@mail.ru

В настоящее время отдельные агрегаты (А), запасные части (ЗЧ) и другие материальные средства (МС) к воздушному судну (ВС) маркируются табличками с условным обозначением, порядковым номером и датой выпуска, что не позволяет идентифицировать их движение.

Цель работы - разработка системы, исключающей установку неликвидных ЗЧ и А на ВС.

Идентификация - это процесс присвоения объекту уникального наименования, номенклатурного номера, знака, условного обозначения и другой справочной информации, позволяющих конкретно выделить его из других МС; алгоритм действий, предполагающий маркировку и этикетирование сырья, материалов, комплектующих изделий, готовой продукций, а также технической и технологической документация на них, обеспечивающих отслеживаемость их использования или дислокацию этих объектов.

Сейчас применяются следующие методы идентификации А и ЗЧ на ВС:

- металлическая табличка;
- бирка;
- ударный метод.

Для обеспечения сохранности А и ЗЧ необходимо применение более совершенных технологий при их идентификации.

Исследования показывают, что лазерный метод нанесения признаков идентификации на МС представляется в настоящее время наиболее перспективным.

Этот способ сводится к нанесению идентификационной информации лазером, причем она сохраняется в широком диапазоне температур, а при воздействии с большинством агрессивных сред, не разрушается.

Специализированное программное обеспечение позволит при маркировке вносить требуемую информацию о МС в базу учета бухгалтерии, а также проводить контроль за выдачей, перемещением МС со складов всех уровней хранения.

Каждому выпускаемому промышленностью изделию должно быть присвоено уникальное обозначение - штрихкод. Штриховой код - графическая информация, наносимая на поверхность, А или ЗЧ, упаковку изделий, предоставляющая возможность считывания и распознавания её техническими средствами.

В штрихкод может быть включена любая необходимая информация, касающаяся рассматриваемой продукции, например: её вес, модель, порядковый номер, тип материала, классификация, степень опасности, код завода изготовителя, дата изготовления, порядковый регистрационный номер, код авиационно-технического склада, код установки на воздушное судно, код снятия с воздушного судна, номенклатурный номер, номер в/ч и т.д.

Для считывания штрихкодов будет необходимо специальное оборудование: сканеры двухмерных кодов и терминалы сбора данных.

Предлагаемая система будет включать в себя: лазерный способ маркировки, программное обеспечение и технические устройства нанесения и считывания штрихкодов.

Таким образом, при внедрении данной системы в практику авиацинно-технического обеспечения в/ч улучшится контроль за движением МС, появится возможность осуществлять проверку наличия маркировки МС непосредственно на ВС, сократятся случаи хищения дорогостоящего имущества, тем самым решится задача исключения возможности установки неликвидных изделий, что в свою очередь существенно повысит безопасность полетов.

Совершенствование системы менеджмента качества в органе по сертификации

Ломакина Е.А., Худякова Е.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Одиноков С.А.
МАИ, каф. УКиС
ele839528@yandex.ru

Стандарт ISO 9001 считается одним из самых популярных в мире нормативных документов, создающий единую платформу в области управления качеством, определяющий базовый уровень обеспечения уверенности в том, что организации предоставляют надлежащего качества продукцию (услуги). Вне зависимости от области деятельности, размера, формы собственности и структуры организации внедряют требования СМК и впоследствии сертифицируют в уполномоченной организации. Проведением процедуры сертификации и выдачей сертификатов занимаются органы по сертификации, аккредитованные Федеральной службой по аккредитации.

Органы по сертификации систем менеджмента аккредитуются в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021-2012. После подтверждения соответствия требованиям данного стандарта орган по сертификации получает аттестат аккредитации, подтверждающий правомочность его действий.

Одним из требований к органам по сертификации является наличие разработанной и поддерживающейся в рабочем состоянии СМК.

Международной организацией по стандартизации введена новая версия международного стандарта ISO 9001:2015.

До введения новой версии стандарта применялся международный стандарт ISO 9001:2008 и его межгосударственный аналог - ГОСТ ISO 9001-2011.

В связи с введением версии стандарта ISO 9001:2015 предусмотрен переходный период в течение трех лет с целью адаптации СМК к новым требованиям.

Основными изменениями в требованиях новой версии стандарта является появление понятия «организационная среда организации», под которым понимается

необходимость выявления факторов, оказывающих воздействие на достижение целей организации и выполнение намеченных результатов. В деятельность по управлению организацией должны быть встроены элементы риск-менеджмента. В качестве справочного документа возможно использование стандарта ГОСТ Р ИСО 31000-2010. Также произошли изменения в составе обязательной документации СМК и введение термина «документированная информация». Теперь организация несет ответственность за определение того, какая документация должна быть разработана.

Применяя введенные требования в органе по сертификации необходимо, учитывая внутренние и внешние факторы, такие как законодательные, экономические, рыночные, конкуренты, поставщики, персонал, и заинтересованных сторон, разработать документированную информацию по определению рисков и мер в отношении этих рисков. Примерами таких рисков могут быть риски, связанные с нарушением принципа беспристрастности, конфиденциальности информации, полученной в ходе сертификации, компетентностью персонала.

В связи с изменением структуры стандарта и отменой обязательных процедур, руководство по качеству по-прежнему является незаменимым путеводителем СМК. Поэтому при переходе на новую версию стандарта всю имеющуюся в организации документацию СМК, которая стала необязательной в соответствии с новыми требования, необходимо не отменять, а переработать под требования ISO 9001:2015.

Новая версия стандарта служит следующей ступенью в дальнейшем развитии СМК с учетом изменений в экономике и практики применения СМК.

Управление знаниями в организации

Гаврилков С.А., Марин Н.И., Синицына А.А.
Научный руководитель – к.т.н, доц. Борисова Е.В.
МАИ, каф. УКиС
nikjoy5@mail.ru

О риск-менеджменте с момента выхода стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 имеется достаточное количество информации, то касаемо знаний организации и управления этими знаниями до сих пор возникает огромное количество вопросов со стороны организаций. Так что же такое «знания организации»? Стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015 предлагает следующее определение: «Знания организации – это знания, специфичные для организации; знания, полученные в основном из опыта. Знания это информация, которая используется и которой обмениваются для достижения целей организации». Казалось бы, без подобных знаний функционирование нормальной современной организации невозможно, но не все так просто. Важно отметить, что знания одного конкретного сотрудника (и даже сумма знаний отдельных людей) не всегда являются знаниями организации. Такая ситуация может возникнуть по ряду причин, например:

- при отсутствии упорядоченности и системе сбора информации от сотрудников;
- при отсутствии формализованности имеющихся знаний, которые в последствии необходимо дополнительно обрабатывать;
- при отсутствии понимания цельной картины ситуации (разные мнения внутри организации на одно и то же явление);
- невозможность применения какого-либо имеющегося знания и т.д.

Все вышесказанное непрозрачно намекает на, то, что знаниями организации необходимо управлять и управлять грамотно, без значительных затрат времени на сбор, анализ и формализацию необходимой информации. Само по себе управление знаниями является сравнительно новым методом менеджмента, появившимся в 1990-х годах, который представляет собой организацию и систематизацию информации и знаний организации для эффективного их использования. За основу концепции взят принцип сбора и формализации знаний сотрудников организации и последующего распространения между всеми членами компании. Однако, как бы просто это не звучало на словах, зачастую при реализации подобной системы в организации возникает множество трудностей, связанных с причинами описанными выше.

Несмотря на все трудности, для организаций создание собственной системы менеджмента знаний открывает новые возможности к улучшению, причем методы реализации организация выбирает себе сама. Пользу введения подобных систем показывает своей деятельностью сырьевая компания British Petroleum, хотя подобные примеры можно встретить и во многих других отраслях. История появления системы менеджмента знаний в британской нефтедобывающей компании наглядно демонстрирует всю пользу проведения подобного мероприятия. Управленческое звено компании как-то заметило, что при использовании одинакового оборудования на разных скважинах уровень добычи различается по неизвестным причинам. Как оказалось, сотрудники на разных скважинах обладали разными знаниями, связанными с их опытом работы на данном оборудовании, методами или иными полученными извне. Все эти знания помогали осуществлять их деятельность куда более эффективно, чем их коллеги, которые этими знаниями не обладали. Самым большим сюрпризом для менеджмента British Petroleum стало то, что почти вся эта информация не была задокументирована. В результате была создана система сбора и распространения знаний сотрудников, что позволило значительно увеличить уровень добычи и эффективность деятельности организации.

Деятельность по оценке соответствия в системах менеджмента качества

Махиянов И. М.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Карепин П.А.
МАИ, каф. 207
i-mak63@mail.ru

В условиях санкций со стороны Запада, падения спроса на энергоносители, кризиса промышленности и других негативных факторов единственно возможным вектором развития отечественной экономики является применение инновационных подходов в управлении бизнесом. Современный бизнес прилагает огромные усилия для поиска эффективных методов управления промышленными предприятиями и их устойчивого развития в условиях динамично развивающихся рынков. Решение такой глобальной проблемы возможно только с опорой на мировой опыт управления организациями. Данный подход основывается на методологических принципах стандартизации. Стандартизация приемов управления предприятием, с одной стороны, отражает международный передовой опыт, с другой, формализует деятельность по поиску требуемого подхода в управлении предприятием. В результате на основе методических принципов стандартизации строится типовая модель менеджмента организации. Одной из таких универсальных моделей является модель управления организацией, базирующаяся на требованиях международного стандарта на систему менеджмента качества. В настоящее время модель на основе стандарта ИСО 9001 рассматривается, прежде всего, как модель системы управления бизнес-организацией.

Модель системы менеджмента организации, построенная на основе стандарта ИСО 9001, считается наиболее прогрессивной, так как в ее основу заложены принципы TQM. Одним из базовых принципов TQM является условие, что решения необходимо принимать на основе свидетельств, то есть в основе любого решения должны лежать объективные и достоверные данные. Для получения таких данных необходимо иметь механизм для установления требований и последующей оценки соответствия этим требованиям. Последнее действие осуществляется на основе измерений или испытаний. Измерения представляют собой установление количественных значений величин, в которых выражаются требования к продукции, а испытание рассматривается как измерение при определенных внешних условиях. Поэтому оценка соответствия может быть представлена как измерение с последующим сопоставлением результатов измерения с установленными требованиями.

Был проведен анализ требований стандарта ГОСТ Р ИСО 9001–2015 на предмет применения в стандарте действий по оценке соответствия. Количественная оценка проявлений и свойств является краеугольной проблемой как в области управления

качеством продукции, процессов и системы в целом, так и в менеджменте бизнес-организаций на основе качества. В стандарте ГОСТ Р ИСО 9001–2015 устанавливаются требования к оценке результатов деятельности на основе построения подсистемы оценки соответствия (раздел 9). Оценка соответствия осуществляется на основе аудита (проверки, самооценки), мониторинга и измерения. Объектами количественной оценки являются реакция потребителей на качество продукции, характеристики процессов, показатели функционирования системы менеджмента, а также параметры работы, услуги и продукции. Отдельно рассматриваются требования к ресурсам для мониторинга и измерений (пункт 7.1.5). В этой части стандарта устанавливается ряд требований относительно метрологических аспектов поддержки функционирования и улучшения, как отдельных процессов, так и всей системы менеджмента качества.

Ориентация на потребителя, как один из основных принципов менеджмента качества

Мельник А.А., Романченко А.О.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Борисова Е.В.
МАИ, каф. УКиС
anny347@mail.ru

Одним из принципов менеджмента качества является – ориентация на потребителя. Не зря данный принцип во многих источниках стоит на первом месте, ведь это одна из действительно значимых целей, которую преследует каждая организация. В целом основу для разработки постоянно действующей политики ориентации на клиента составляют три цели.

Первая цель. Организация должна быть озадачена вопросом сбора информации о ее клиенте. Необходимо узнавать принципы и ценности своих клиентов, чтобы в дальнейшем максимально удовлетворить их потребности. При этом следует охватывать и фактических, и потенциальных клиентов. Сбор информации - непростой процесс, который можно реализовывать традиционными способами (опрос, анкетирование, фокус-группа). А также и нестандартными - ритейл-аудит, строчек (store check), сенсусс, аудит торговых точек, наблюдение, кабинетное исследование - сбор и анализ данных из открытых источников (СМИ, Интернет, данные комитетов статистики).

Вторая цель. Организации необходимо позаботиться о высоком уровне коммуникации между сотрудниками, которые прямо или косвенно участвуют в удовлетворении ее потребностей. Цель здесь заключается в подготовке организации к превращению потребностей клиента в руководство к эффективным действиям. Важно, чтобы информация не использовалась только как средство ознакомления, а действительно была обработана и в полной мере воспринята персоналом для дальнейшей работы. Если, например, отдел маркетинга и рекламы просто ставит в известность производственный отдел о том, какую продукцию необходимо выпускать, то вся система ориентации на клиента обречена на неудачу.

Третья цель. Постоянный контакт с потребителем. Организация не должна останавливаться на достигнутых результатах, необходимо постоянно улучшать качество продукции или предоставление услуг, важно предлагать клиенту новые виды продуктов, расширять кругозор клиентов и «идти в ногу» со своим потребителем, а порой и чуть-чуть впереди. Именно подобная ориентация помогает многим компаниям добиться успехов в деле тотального управления качеством.

О чем действительно важно не забывать, что повышение качества товаров и услуг дает результат в том случае, если выявление потребностей клиентов является систематизированным и непрерывным процессом.

Принцип ориентации на потребителя – первый из восьми. Это база для жизни организации. Если организация хочет добиться вершины успеха, необходимо грамотно применять все восемь принципов менеджмента качества: лидерство руководителя, вовлечение работников, процессный и системный подход к управлению, постоянное

улучшение, принятие решений, основанное на фактах, взаимовыгодные отношения с поставщиками.

Упорядочение процессов жизненного цикла как инструмент управления рисками

Михайлова М.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Касьянов С.В.
ФГБОУ ВПО НЧИ(Ф) К(П)ФУ, каф. МТК
m.solnce.96@mail.ru

Новая версия стандарта ISO 9001-15 построена на требованиях к управлению рисками. Но разработка инструментов управления оставлена на усмотрение организации.

В производстве автокомпонентов вероятность каких-либо ошибок и упущений существует во множестве процессов подготовки производства и в самом производстве.

Проведен анализ причин, приводящих к нарушениям качества деталей автомобиля, к срывам графиков поставок и к перерасходу ресурсов. Оказалось, что негативные последствия определяются:

- Отсутствием необходимой информации (не проанализирован какой-либо процесс жизненного цикла);
- Неадекватностью информации (ошибке в определении условий процесса жизненного цикла);
- Невыполнением установленных адекватных требований.

Предложено организовать подготовку производства нового автокомпонента на основе иерархического структурирования технологий в его жизненном цикле.

Проанализировав определения понятия «жизненный цикл» в нормативных документах и специальной литературе, оказалось, что понятие в различных отраслях трактуется по-разному. Поскольку в каждом отдельно взятом процессе жизненного цикла необходимо обеспечить требуемое качество. Предложено считать, что это непрерывный поток технологий.

Сам жизненный цикл представлен как непрерывный поток этапов. Применительно к отдельной детали это извлечение из природной среды исходного сырья (руды); обогащение сырья; изготовление материала; изготовление детали; включение детали в состав машины; применение по назначению в составе машины; подготовка материала к утилизации (вторичному использованию). Этап рассматривается как поток технологических маршрутов. Он, как правило, содержит 4 типа маршрутов - назначения (обработки или применения, транспортные, хранения и контроля). Маршрут в свою очередь представлен как поток 4-х типов операций и т.д. вплоть до простейших актов взаимодействия.

По ходу подготовки проекта производства, база этих процессов уточняется. Специалисты получают возможность все более подробно видеть содержания технологий. Теперь им гораздо легче предупредить ошибки в содержании потоков и в назначении условий выполнения элементов операции на любом этапе жизненного цикла.

Таким образом, появляется возможность исключить значимые риски еще в ходе назначения требований (I-III этапы APQP- проекта). План управления установочной партии предусматривает верификацию назначенных требований, а значит, уменьшает риски вследствие неадекватности информации. Исполнения требований в ходе серийного выпуска оценивается путем мониторинга на рабочих местах.

Итак, важнейшим условием предупреждения рисков (негативных последствий) в проектах подготовки производства является глубокое знание содержания всех технологий жизненного цикла автокомпонента.

Повышение эффективности метрологического контроля измерительно–вычислительного комплекса CENTUM

Мурзаянова Л.В.
Научный руководитель – к.т.н. Уметбаев Ф.С.
УГАТУ, каф. СиМ
murzayanova93@mail.ru

Усложнение современного производства, развитие научных исследований привело к необходимости измерять и контролировать одновременно сотни и тысячи различных физических величин. Естественная физиологическая ограниченность возможностей человека в восприятии и обработке больших объемов информации стала одной из причин появления таких СИ, как измерительные системы. В свою очередь, измерительно – вычислительный комплекс является унифицированным ядром измерительной системы.

Использование измерительно – вычислительных комплексов, образуемых совокупностью программно – управляемых измерительных, вычислительных и вспомогательных технических средств, которые функционируют на основе единого метрологического обеспечения и реализующие алгоритм получения, обработки и использования измерительной информации, получает в настоящее время все большее развитие, а их изучение в дисциплинах измерений становится все более актуальным.

Измерительно – вычислительный комплекс вне зависимости от области применения должен выполнять функции измерений, управления процессами измерений и воздействия на объект исследования, предоставлять оператору результаты измерений в заданной форме. Во время проведения поверки, ремонта следует не допускать перерыва в работе измерительной системы или ее отдельных измерительных компонентов, иначе может привести к потере информации или техногенной аварии на предприятии.

Один из способов повышения эффективности контроля заключается в автоматизации процессов, выполняемых во время работы измерительной системы.

В общемировой практике для надёжного и качественного выполнения в необходимом объеме и с необходимой точностью комплекса измерений, испытаний, осуществляется автоматизация подразделений при помощи лабораторной информационной системы.

Лабораторная информационная менеджмент система – это программное обеспечение, которое предназначено для автоматизации деятельности и процессов контроля качества. Она позволит собирать, анализировать, создавать отчёты, хранить данные и обрабатывать информацию, полученную в лаборатории.

Таким образом, предметом исследования является повышение эффективности метрологического контроля комплекса и уменьшение вероятности возникновения ошибок в работе.

Задачи исследования:

– обеспечить непрерывную работу измерительно – вычислительного комплекса при проведении различных операций;

– достичь выполнения поверки в кратчайшие сроки;

– обеспечить безубыточное производство;

– добиться быстрого выявления отклонений и реагирования на них;

– обеспечить профилактические мероприятия в процессе работы измерительно – вычислительных комплексов.

Разработка методических рекомендаций по управлению рисками на предприятии авиационной промышленности

Нефедьев А.П.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Одиноков С.А.
МАИ, каф. УКиС
mister.nefediev@yandex.ru

Риск-менеджмент стал популярен в связи с включением риск ориентированного мышления в тексты стандартов сначала ISO 9001, а затем и ISO 14001, от 2015 года. Новые версии стандартов несут в себе идею гармонизации для облегчения создания интегрированных систем менеджмента. Такую же структуру имеет опубликованная в октябре 2016 года новая версия стандарта для аэрокосмической промышленности – AS/EN 9100:2016. Одно из нововведений этого стандарта – дополнение требований к риск-менеджменту, в частности, требование наличия формального процесса управления рисками.

Следует выяснить, что менеджмент риска – деятельность по принятию и реализации управленческих решений, призванная уменьшить вероятность возникновения неблагоприятных последствий определенных событий. Риск – следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей, а неопределенность — это состояние полного или частичного отсутствия информации, необходимой для понимания события, его последствий и их вероятностей.

По данным, опубликованным IAQG, с 1 марта 2017 сертифицированные предприятия готовятся к переходу на AS/EN 9100-2016, а полный переход на новую версию запланирован на 1 сентября 2018 года. Переход на ISO 9001-2015 запланирован до сентября 2018. Таким образом, в ближайшие год-полтора, предприятиям, сертифицированным на соответствие ISO 9001 и AS/EN 9100, будет востребовано наличие документально оформленного процесса управления рисками.

В качестве основы процесса управления рисками использованы:

- COSO ERM – американский стандарт. Большое внимание при создании уделялось системам внутреннего контроля;
- PMBOK – свод правил по управлению проектами. Управлению рисками посвящена отдельная глава. Этапы управления рисками рассматриваются с точки зрения процессного подхода: приведены входы, выходы, методы и инструменты.
- FERMA – европейский стандарт, включающий в себя модель и рекомендации по управлению рисками.
- ГОСТ Р ИСО 31000:2010 – семейство стандартов по менеджменту рисками, включающее в себя тексты, содержащие принципы и руководство, методы оценки риска, термины и определения.
- Национальные стандарты по управлению рисками: AS/NZS 4360:2004 (Австралия и Новая Зеландия), ONR 49000: 2008.06.01 (Австрия).

Работы по созданию методических рекомендаций по управлению рисками предполагают анализ представленных в документах моделей управления рисками, выбор оптимальной модели, группировку методов управления рисками по этапам управления рисками. Итогом работ выступает интеграция процесса управления рисками с наиболее удобными методами по одному из вариантов:

1. присоединение к методу, участвующему в большинстве /во всех этапах управления рисками (FMEA, HAZOP, FTA), более простых методов.
7. использование на каждом этапе управления рисками нескольких методов из соответствующей группы.

При правильной реализации управление рисками поможет решать проблемы, связанные с качеством, и снижать возможные потери.

Применение модели Business Excellence в деятельности организации

Павлов А.С.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Васильев В.А.
МАИ, каф. УКиС
apavlov95@list.ru

В наши дни любая фирма стремится к достижению совершенства и успеха, какие то организации терпят крах в этом деле, некоторые достигают совершенства и успеха лишь частично, но, в конце концов, уходят с рынка, и только малая часть достигает поставленных задач.

Сейчас, чтобы любая фирма имела успех на рынке, независимо от области своей деятельности, её размера, структуры, она обязана иметь соответствующую модель системы менеджмента. Одной из таких моделей системы менеджмента является модель Business Excellence. Она проверена и доказана на практике, кроме того она позволяет любой фирме, использующей её:

- Правильно и грамотно оценивать свои успехи на пути к совершенству, понимать свои ярко выраженные плюсы и минусы, ссылаясь на установленные фирмой политику и цели;
- Обеспечивать четкое понимание и находить общий язык для эффективного обмена идеями по совершенствованию своей фирмы, как внутри, так и снаружи;
- Объединить вместе все инициативы по улучшению для ликвидации пропусков и дублирования;
- Создать базовую структуру системы менеджмента.

Многие современные организации до сих пор не пытаются использовать модель Business Excellence в своей деятельности. На мой взгляд, это неэффективно, потому что наряду с уже имеющимися различными инструментами менеджмента, эта модель представляет собой цельный взгляд на фирму, использующую её. Кроме того модель Business Excellence используется, чтобы понять, как эти разнообразные методы связаны между собой и как они дополняют друг друга. Так же, эта модель может использоваться в сочетании с любым из этих инструментов менеджмента в зависимости от потребностей фирмы. Модель Business Excellence объединяет структуры внутри организации для достижения устойчивого совершенства и успеха.

В её состав входят:

- Фундаментальные концепции Совершенства: основные принципы, лежащие в основе достижения успеха любой фирмы;
- Модель Совершенства EFQM: структура, которая позволяет реализовать на практике Фундаментальные концепции и логику RADAR;
- Логика RADAR: постоянно меняющаяся система оценки и эффективный инструмент менеджмента, который является опорой деятельности организации по постоянному улучшению.

Грамотное и эффективное использование этих трех составляющих позволяет различным организациям сравнивать себя с успешными и популярными на рынке фирмами. Эти составляющие также могут применяться для эффективного развития совершенства, для выстраивания последовательного менеджмента качества, для оценки опыта, введения инноваций и улучшения своих результатов.

При верном использовании модель Business Excellence обеспечивает единство всех применяемых практик менеджмента в сбалансированной постоянно улучшающейся структуре, которая обеспечивает фирме достижение успеха.

Актуальность и успех внедрения интегрированной системы менеджмента (ИСМ)

Поздняк Ю.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н., Васильев В.А.
МАИ, каф. УКиС
Infinitix9702@mail.ru, galaxy97411@gmail.ru

Сегодня большинство российских предприятий сталкивается с высокой конкуренцией со стороны иностранных компаний, а также отечественных организаций, которые подтверждают свое преимущество в сфере управления качеством, экологии и профессиональной защищенности сертификатами качества. Поэтому, предприятия задумываются о внедрении ИСМ и сертификации на соответствие стандартам, которые признаны не только в России, но и за рубежом. Введение ИСМ станет отличной перспективой для стабильного развития организации.

ИСМ представляет собой определенную совокупность двух или более взаимосвязанных и взаимодействующих систем менеджмента, которые отвечают требованиям международных, национальных или отраслевых стандартов, ориентированных на различные заинтересованные стороны и функционирующих как одно целое. ИСМ – это только определенная часть системы общего менеджмента организации и ее не следует отождествлять с ней, так как система общего менеджмента объединяет все аспекты деятельности организации. Область распространения ИСМ не включает: финансовый менеджмент, менеджмент персонала, инновационный менеджмент, менеджмент рисков и другие. Так будет до того момента, пока не будут созданы международные стандарты для всех областей общего менеджмента.

Целью создания ИСМ является оптимальное управление рисками, которое позволит сократить материальные и организационные ресурсы, которые требуются предприятию.

Каковы преимущества ИСМ? При успешном внедрении, она обеспечит хорошую согласованность действий внутри организации, также она поможет снизить функциональную разобщенность, которая обычно возникает при разработке независимых систем менеджмента. Создание ИСМ, обычно, менее трудоемко, чем создание нескольких параллельных систем менеджмента, так как число внутренних и внешних связей в первом случае гораздо меньше. Также эта система позволяет унифицировать управление предприятием, за счёт использования единой методологии и формализованного описания процессов.

Организация, внедряющая ИСМ, должна документально определить область ее применения, а также стандарты или технические условия, которые будут использоваться организацией в качестве критериев функционирования систем менеджмента, подлежащих интеграции. Кроме того, организация должна определить, разработать, описать, внедрить, поддерживать в рабочем состоянии и постоянно улучшать ИСМ в соответствии с требованиями настоящих правил, применимых стандартов или технических условий.

Сегодня, когда во всем мире накоплен достаточный опыт как успешного, так и безуспешного внедрения этих систем, становится понятным, что успех внедрения зависит от множества факторов и основным из них является четкость определения целей внедрения. Эти цели определяют подходы к интерпретации требований разных стандартов. Чем уже трактуются требования стандартов, тем более формальной и менее эффективной будет система. И если основной целью внедрения будет являться достижение только формального соответствия и получение сертификатов, то это вряд ли принесет успех. Также, при достижении успеха внедрения ИСМ, очень важным является вовлечение персонала, его осведомленность о преимуществах ИСМ и содействие профессиональному развитию.

И, в заключение, хочется отметить, что стандартной модели ИСМ, которая смогла бы удовлетворить всех, не существует. Поэтому, на любом предприятии, ИСМ должна основываться на процессах и отражать проводимую этим предприятием политику и поставленные цели.

Анализ системы закупок Гособоронзаказа

Прокофьева Н.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Васильев В.А.
МАИ, каф. УКиС
nprocofyeva@yandex.ru

Государственный оборонный заказ – это установленные нормативным правовым актом Правительства РФ задания на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для федеральных нужд в целях обеспечения обороны и безопасности РФ, а также поставки продукции в области военно-технического сотрудничества РФ с иностранными государствами в соответствии с международными обязательствами РФ.

Рассмотрев Гособоронзаказ на 2013 и 2016 года можно заметить положительную динамику выполнения практически всех работ, что напрямую связано с улучшением качества военной приемки. Постоянный контроль на всех этапах выполнения Гособоронзаказа не только позволяет быть целиком и полностью уверенным в итоговой продукции, но и существенно уменьшает время излишней формальности выполнения дела.

Военные представительства осуществляют контроль качества и приемку военной продукции на основе контрактов (договоров), заключаемых Министерством обороны, другими государственными заказчиками (заказчиками) и головными исполнителями (исполнителями) оборонного заказа.

Контроль качества и приемка продукции гражданского и двойного назначения для государственных и других заказчиков осуществляются военными представительствами при поставках этой продукции по оборонному заказу либо во исполнение постановлений (распоряжений) Правительства Российской Федерации, возлагающих на Министерство обороны приемку этой продукции.

В советское время вопросам качества уделялось большое внимание, в особенности на предприятиях ВПК. НОРМ, КАНАРСПИ, КСУКП и другие системы контроля качества возникли на заводах и предприятиях военной отрасли. Данные системы актуальны до сих пор, но в 2008-2010 годах в связи с реорганизацией и сокращения в составе Российской Армии было потеряны многие наработки. В связи с этим вопрос о контроле качества был переложен на предприятия, которые занимались изготовлением продукции. Учитывая, что предприятия не смогли справиться с выполнением возложенной на них Министерством Обороны функцией контроля качества новое руководство решило вернуться вновь к системе, когда контролем качества получаемой продукции «от и до» занимались «военпреды». Данная реорганизация к «истокам» позволила за малые промежутки времени существенно сократить количество невыполняемых и брошенных работ Гособоронзаказа.

В ГОСТ 15.002-2012 не установлены требования к выпускаемой продукции. Все требования направлены только на создание системы менеджмента качества. Система, в свою очередь, направлена на выполнение требований военного заказа, соблюдение условий контракта по технической характеристики выпускаемой продукции, надежности и качеству. Особое место занимают мероприятия по защите государственной тайны. Стандарт учитывает сохранность общих подходов системы менеджмента качества и применение специфических требований в организации системы менеджмента военной промышленности.

Бережливое производство

Сабирова С.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Васильев В.А.
МАИ, каф. УКиС
s.s.a.96@mail.ru

Сейчас, в современном мире, принцип «бережливого производства» ("Lean Production") все больше и больше проникает во все сферы деятельности. Он направлен на

минимизацию затрат, упрощение производственных процедур и ускорение производства продукции. Главным преимуществом бережливого производства является то, что он ориентирован на постоянное улучшение и непрерывное увеличение количества сильных сторон для конкурентоспособности: повышение экономической эффективности производства за счет сокращения потерь. Достигается это тем, что компания оптимизирует бизнес-процессы с максимальной ориентацией на рынок, но также принцип говорит предпринимателям, что человек является главным аспектом в достижении качества, т.е. мотивация сотрудников также является важной частью для организации. Менеджмент бережливого производства максимально ориентирован на выявление потребностей рынка и создание максимальной ценности для клиента при минимальных затратах ресурсов: человеческих усилий, оборудования, времени, производственных площадей.

Бережливое производство является комплексным подходом, включающим:

- оптимизацию процессов - разработка сквозных процессов с учетом потребностей клиента с целью исключения потерь, негибкости и непостоянства;
- обеспечение управленческой инфраструктуры - преобразования, обеспечивающие устойчивые изменения культуры, работы, под руководством линейных руководителей;
- изменение образа мышления и поведения сотрудников - оценка и контроль эффективности на всех уровнях компания.

В Lean Production существует ряд принципов, применение которых обеспечивает компании повышение качества продукции через снижение потерь, создание четко проработанной схемы действий. Наиболее известные принципы: принцип «Точно вовремя», принцип автономизации; принцип «дзидока»; стратегическая направленность; ориентация на создание ценности для потребителя; организация потока создания ценности; постоянное улучшение; вытягивание; сокращение потерь; визуализация и прозрачность; приоритетное обеспечение безопасности; построение корпоративной культуры на основе уважения к человеку; принятие решений, основанных на фактах; установление долговременных отношений с поставщиками; соблюдение стандартов.

Однако исключительное применение данных принципов не приведет к успешному результату компании. Организация, желающая использовать бережливое производство, должна понимать, что правильное донесение основ бережливого производства до каждого сотрудника компании - первый шаг на пути к успеху. Бережливое производство - ключ к повышению мотивации сотрудников работать на благо и процветание компании.

В работе на основе анализа литературных данных определены перспективы развития методологии бережливого производства.

«Кружки качества» в России

Синицына А.А., Марин Н.И., Токметова К.В.
Научный руководитель – Борзов В.И.
МАИ, каф. УКиС
9857720220a@mail.ru

Многим известно о существовании «кружков качества», появившихся в Японии в 1962 году. Основой их существования является выявление группой рабочих предприятия, собирающихся регулярно на добровольной основе, основных проблем, влияющих как на качество продукции, так и на эффективность всей компании, а также обсуждение предложений и принятие решений для устранения проблем.

Почему же в нашей стране «кружки качества» не имеют такой популярности, как в Японии?

Ранее, еще в СССР, были попытки внедрить «кружки качества» на предприятиях, но, к сожалению, они не увенчались успехом, поскольку процедура сбора рабочих для обсуждения проблем имела принудительный характер, следовательно, нарушался основной принцип групп качества – добровольность.

Следует заметить, что японская культура подразумевает глубокую приверженность сотрудника к компании, в которой он работает, чего нельзя отметить на российских предприятиях. У нас, к сожалению, редко учитываются и поощряются идеи и предложения со стороны сотрудников. Работник, в свою очередь, полагает, что он не является важной кадровой единицей предприятия или же зачастую боится даже высказать свои предложения, руководствуясь принципом, что «инициатива бьет по инициатору».

При внедрении «кружков качества» в России необходимо, прежде всего, учитывать менталитет русского человека. Работникам отечественных предприятий сложно понять, почему они должны в свое свободное нерабочее время собираться с коллективом и обсуждать рабочие проблемы. Руководство может привлечь сотрудников с помощью следующих способов:

- Выражать благодарность сотруднику за его участие и показывать важность его идей. (И это не обязательно должно быть материальное поощрение. В случае материального поощрения работник будет участвовать в «кружках качества» исключительно из-за получения денежной премии. Можно использовать различные виды нематериальной мотивации, например, похвала, отметка на стенде почета, грамота и др.)
- Регулярно внедрять достижения «кружков качества», наглядно показывая улучшения в деятельности предприятия.
- Материально мотивировать по результатам работы: премии, поездки, билеты на выставки, сертификаты на оказание услуг.
- Способствовать сплочению коллектива: организовывать совместные выезды на природу, различные мероприятия.

Следует также отметить, что в нашей стране развитие «кружков качества» должно идти в нескольких важных направлениях, которые со временем были утрачены, забыты или никогда не имели должного уровня:

1. Развитие духа коллективизма;
2. Улучшение персонального отношения к качеству: как индивидуальной работы, так и качества деятельности всего предприятия;
3. Хорошее взаимодействие между структурными подразделениями и отделами.

Управление качеством обучения на примере военных вузов

Собольков В.Д.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Чернышева Г.Н.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 71
voronezhvunz@gmail.com

Управление качеством обучения, в современных условиях, неразрывным образом связано с анализом, оценкой и мониторингом процесса обучения. Если можно выявить причины и количественно оценить факторы, снижающие качество обучения, то, можно разработать план мер по их устранению.

Необходимость воинского воспитания в совокупности с обучением в военных вузах, требует больших финансовых вливаний по сравнению с обучением в гражданских вузах. Это обстоятельство вынуждает, при подготовке планов обучающихся в военных вузах, проводить тщательный военно-экономический анализ, в ходе которого оценивается качество обучения.

Качество обучения можно оценить на основе факторного анализа эффективности образовательного процесса.

Методика факторного анализа предусматривает построение модели функциональной зависимости показателя эффективности образовательного процесса, от факторов, оказывающих влияние на его величину.

Количественную оценку эффективности образовательного процесса предлагается определять как соотношение показателя уровня освоения профессиональных компетенций (результаты освоения учебной программы), и показателя затрат материальных и финансовых ресурсов.

Поэтому актуальность исследуемой проблемы заключается в необходимости разработки системы количественных оценок (показателей), характеризующих как затраты на обучение и воинское воспитание, так и получаемых результатов.

При оценке эффективности образовательного процесса, по мнению авторов необходимо учитывать много факторов как технических, так и психологических. Например, при проведении занятий, связанных с использованием авиационной техники, возникает необходимость оценки слаженности работы отдельного коллектива, например, учебного экипажа.

В этом случае, вероятность выполнения боевой задачи будет зависеть, в том числе, и от уровня подготовленности личного состава (экипажа).

Вероятность выполнения учебной боевой задачи, выполняемой экипажем, как показали выполненные исследования, зависит от целевой боевой эффективности летательного аппарата и от уровня специальной подготовки личного состава.

Показатель целевой боевой эффективности летательного аппарата зависит от тактико-технических характеристик (ТТХ), имеет достаточно точную количественную характеристику, изложенную в специальной литературе.

Уровень специальной подготовки личного состава предлагается определять на основе показателей: уровень теоретической подготовки к выполнению боевой и уровень групповой психологической интеграции. Авторами были разработаны подходы к количественной оценке указанных показателей.

Показатель затрат на обучение авторами предлагается рассчитывать с учетом специфики проведения отдельных видов занятий, подразделяя затраты на прямые и косвенные.

Построенная факторная модель показателя эффективности образовательного процесса позволяет не только выявить и количественно измерить факторы снижения качества обучения, но и обосновывать мероприятия направленные на его повышение. Для изучения динамики качества обучения необходимо накопление статистических данных о результатах проведенного военно-экономического анализа процесса обучения.

Обязательная маркировка фармацевтической продукции в России

Гифер П.К., Степанов А.А.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Одиноков С.А.
МАИ, каф. УКиС
stepanov-93@yandex.ru

Медицинское обслуживание играет важную роль в жизни каждого человека и часто оно зависит от фармацевтической продукции. Её уровень обусловлен не только оперативным внедрением результатов медицинских исследований, но и постоянной доработкой международных добровольных стандартов на основе консенсуса, касающихся изготовления и тестирования лекарств и контроля реализации на рынке.

Для обеспечения населения качественными фармацевтическими препаратами, необходимо проводить процедуры контроля в специализированных лабораториях, по результатам выдаётся сертификат качества продукции. Эта процедура необходима, чтобы сверить указанную аннотацию и реальный состав препарата, а также для контроля продукции на качество, не допустив попадания на рынки фальсифицированных лекарственных препаратов, произведённых в России и за рубежом.

Министерство здравоохранения России уделяет особое внимание обороту качественных лекарственных препаратов, по цепочке, начиная от производителя и заканчивая аптекой. Но для получения более подробных сведений о продукции производителя необходимо применять новые технологические решения.

Согласно опубликованному постановлению правительства России, для борьбы с контрафактной фармацевтической продукции с февраля 2017 года начинается эксперимент по маркировке лекарственных препаратов.

Маркировка лекарственных препаратов предполагает использование метки Datamatrix, представляющий собой двухмерный штрих-код, внешне похожий на широко

используемый в торговле QR-код, который используют не только за рубежом, но и в России.

Штрих код будет нанесён на каждую упаковку и будет содержать в себе всю важную информацию о лекарстве, начиная от производителя, заканчивая фармацевтическим действием. С помощью данной защиты фальсифицированная продукция не будет поступать к покупателям. При этом у каждого покупателя появится возможность проверки лекарственного препарата с помощью своего смартфона или сканера в аптеке.

Стоит отметить, что ранее надежных защитных механизмов, которые могли бы гарантировать покупателю приобретение качественного лекарственного препарата или фальсифицированной продукции, не было.

В связи с этим фармпроизводителям, для убеждения потребителей в подлинности и качестве покупаемого лекарства, приходится уделять особое внимание маркировки своих фармацевтических препаратов. Маркировка при этом включает в себя уникальное оформление коробок, блистеров, применяя на них голографических наклейки и нанося свои логотипы. Впоследствии изменения получили и сами таблетки, выпускающиеся с нанесением цвета и с изменением традиционной круглой формы и оболочки на более уникальные.

Дополнительная маркировка фармацевтических препаратов посредством нанесения двухмерного кода — является важной мерой для противодействия контрафактной продукции на рынке в России, с возможность проследить и правильно учесть товар в процессе его производства, транспортировки, хранения и продажи.

По прогнозам участников эксперимента, в 2018 году маркировку планируется сделать обязательной для всех выпускаемых и поставляемых в Россию препаратов, что поможет повысить качество фармацевтической продукции в стране.

Оценка показателей качества титанового сплава ВТ6 с ультрамелкозернистой и бимодальной структурами

Строгонова В.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Сафин Э.В.
УГАТУ, каф. СиМ
ugatu_stand@mail.ru

Существенный прогресс в развитии науки и техники в последние годы связан с созданием и использованием ультрамелкозернистых (УМЗ), субмикрокристаллических (СМК) и наноматериалов, обладающих повышенными механическими свойствами и эксплуатационными характеристиками. Применять стали и сплавы с такими микроструктурами предполагается, в частности, в качестве конструкционных материалов для изготовления высоконагруженных деталей двигателей летательных аппаратов. Однако промышленные стали и сплавы с такими микроструктурами не подлежат обязательной сертификации, поэтому специалисты машиностроительных предприятий, рассматривающие возможность применения УМЗ материалов как конструкционных, испытывают затруднения в оценке их качества. Часто решения о применении материала для опытного производства принимаются на основе субъективного мнения отдельных специалистов по результатам лабораторных испытаний, связанных с определением механических характеристик, как правило, при статическом нагружении. Это приводит к большой вероятности ошибок, значительным экономическим и временным потерям.

Проведенные многочисленные исследования показывают, что формирование УМЗ и СМК структур в полуфабрикатах из обычных конструкционных сталей и сплавов позволяет значительно повысить их прочность, сопротивление усталости, износостойкость. Однако практическое применение материалов со сверхмелким зерном сдерживает ряд недостатков, к которым следует отнести пониженную пластичность, термостабильность, ударную вязкость, циклическую трещиностойкость, повышенную чувствительность к концентраторам напряжений, а также порообразование при циклических нагрузках в зоне наибольших напряжений (приповерхностной зоне). В этой

связи предлагается подход к оценке качества материалов в УМЗ и СМК состояниях, учитывающий разнонаправленное изменение различных характеристик механических свойств при статическом, динамическом и циклическом нагружениях.

В работе на примере двухфазного титанового сплава ВТ6 (Ti-6Al-4V) анализируется изменение характеристик механических свойств по сравнению со стандартным микрокристаллическим (МК) состоянием со средним размером зерен α-фазы 5-15 мкм при формировании в сплаве однородной СМК структуры со средним размером зерен (фрагментов) 0,5 мкм и бимодальной субмикро-микрозеренной структуры, состоящей из матрицы со средним размером зерен (или их фрагментов) 0,8-1,5 мкм с включением в нее зерен α-фазы размером порядка 5 мкм.

Показано, что сплав с однородной СМК структурой обладает по сравнению с МК повышенной твердостью, прочностью и сопротивлением усталости, однако, ударная вязкость в СМК состоянии существенно ниже, чем в МК, что существенно уменьшает перспективы практического применения сплава с такой структурой.

В этой связи, практический интерес представляет сплав с бимодальной структурой, который при сопоставимых характеристиках твердости, прочности и сопротивления усталости обладает заметно большей пластичностью и ударной вязкостью.

Выполненный анализ позволяет выработать общие рекомендации для специалистов машиностроительных предприятий, касающиеся формирования типа микроструктуры и размеров структурных составляющих в сплаве ВТ6, в зависимости от величины, условий нагружения и предполагаемой температуры эксплуатации деталей двигателей летательных аппаратов.

Методы менеджмента качества

Тахаева Д.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Васильев В.А.
МАИ, каф. УКиС
darya.takhaeva.96@mail.ru

Большинство предприятий в современном мире имеют систему менеджмента качества, которая представляет собой совокупность организационной структуры, полномочий и ответственности, существующих в ее рамках, процессов деятельности, трудовых, материальных и финансовых ресурсов. Но что же может гарантировать нам эффективную работу этой системы? Как мы можем понять, что наша система управления качеством приносит нам пользу и позволяет удовлетворять потребности потребителя наиболее эффективным способом?

На эти и многие другие вопросы нам помогут найти ответы методы менеджмента качества. Они были созданы для гарантирования непрерывности процесса обеспечения качества в соответствии с требованиями потребителя. Применение этих методов, не требуя больших затрат, позволяет с заданной степенью точности и достоверности судить о состоянии исследуемых явлений (объектов, процессов) в системе качества, прогнозировать и регулировать проблемы на всех этапах жизненного цикла продукции и на основе этого вырабатывать оптимальные управленческие решения.

К методам относятся:

– семь инструментов управления качеством (диаграмма сродства; диаграмма связей; древовидная диаграмма; матричная диаграмма; стрелочная диаграмма; диаграмма принятия решений (PDCA); матрица приоритетов);

– FMEA - анализ видов и последствий потенциальных дефектов;

– инструменты, используемые в шести сигмах (мозговой штурм; диаграмма сродства; голосование с множеством голосов и т.д.);

– инструменты бережливого производства (20 ключей).

Для того, чтобы соответствовать всё увеличивающимся требованиям потребителей, в нашем быстро развивающемся мире, предприятиям необходимо управлять качеством выпускаемой продукции. Для этого необходимо рассматривать все этапы жизненного цикла, начиная с исследования требований рынка к качеству продукции и кончая ее

утилизацией после использования. И так получается что именно методы, которыми руководствуется предприятие, во многом решают судьбу выпускаемого товара и прибыльности самого производства. Данные средства управления качеством производства могут использоваться как по отдельности, так и комплексно, что приносит большую эффективность. Нельзя сказать, что в данной статье перечислены все методы, используемые в сфере управления качества, нет, разрабатываются новые, модернизированные пути удовлетворения потребностей потребителя и внедряются на предприятиях.

Процесс создания и внедрения новых, эффективных методов управления качеством должен быть постоянным, и это позволит вывести качество Российской продукции на новые уровни и удовлетворять возросшие требования потребителей.

Внедрение управления рисками на предприятии

Синицына А.А., Токметова К.В., Якимочева Е.Д.
Научный руководитель – к.т.н. Александров М.Н.
МАИ, каф. УКиС
ksenya280394@yandex.ru

В ГОСТ ИСО 9001:2015 в сравнении с предыдущей версией стандарта было введено понятие «риск-ориентированное мышление». Организации необходимо учитывать все возможные риски, которые могут привести к незапланированным последствиям. По этой причине нужно рассмотреть все возможности и угрозы протекающих процессов в организации.

Все риски, которые могут возникнуть, выявляются путем взаимодействия заинтересованных сторон процесса. В ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 рассмотрены методы оценки рисков: мозговой штурм, структурированные или частично структурированные интервью, метод Дельфи, контрольные листы, предварительный анализ опасностей, исследование опасности и работоспособности, анализ опасности критических контрольных точек, оценка токсикологического риска, структурированный анализ сценариев методом «что, если», анализ сценариев и т.д.

Методы достаточно разнообразны, поэтому предприятие должно выбрать наиболее подходящие из них, исходя из специфики своей деятельности, имеющихся возможностей и целей. Не исключен тот случай, когда сотрудники сочтут тот или иной метод слишком сложным в применении в рамках именно их предприятия или, например, что на этот метод потребуется потратить слишком много ресурсов. Таким образом, подобранная методика должна включать методы, которые соответствуют сложившейся ситуации в организации, способствуют возможности прослеживать процесс на предмет выявления и оценки рисков.

Для прозрачности процессов компании стоит разработать процедуру по управлению рисками. Для этого необходимо создать методику оценки рисков, определить ответственных за управление рисками в каждом процессе, временные интервалы, отведенные на их анализ. Такая процедура даст возможность по каждому процессу системы менеджмента качества предприятия оформлять паспорта риска, что позволяет структурированно проводить анализ рисков. В паспорте риска содержится информация о процессе предприятия, рисках, которые могут возникнуть, причины его возникновения, вероятность возникновения, а также вероятностные последствия риска и т.д.

С помощью детального анализа в паспорте риска целесообразно следом за этим проводить мероприятия по снижению уровня риска. Для большей эффективности необходимо работать в первую очередь с наиболее серьезными и вероятными по наступлению рисками, а далее переходить к менее значительным из них.

Заключительным этапом внедрения управления рисками служит оценка результативности процесса по снижению уровня рисков. Она позволяет понять, насколько эффективен процесс управления рисками. Результаты могут указать на необходимость пересмотра методики, что дает возможность отреагировать на п недостаточные результаты, полученные в ходе анализа, наиболее быстро.

В конечном итоге управление рисками можно внедрить поэтапно и постепенно, выявляя все возможные риски по каждому процессу. Риски могут быть взаимосвязаны, поэтому необходимо предельно внимательно проводить анализ. Структурированное фиксирование данных по рискам позволяет оперативно реагировать на возможность их наступления.

Систематизация информации для управления проектом подготовки производства нового автокомпонента

Фаттахова Г.Р.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Касьянов С.В.
ФГБОУ ВПО НЧИ(Ф) К(П)ФУ, каф. МТК
guliyashechka2010@mail.ru

Конкурентоспособность предприятия-поставщика в основном закладывается в ходе проекта подготовки производства и выпуска нового продукта. В автомобилестроении процессы управления проектом регламентированы стандартом ISO/TS 16949-09.

Стандарт требует наладить систематическое улучшение процессов производства на основе регулирования величины отклонений показателей качества. Мало того, что приходится получать и анализировать множество текущих данных, для чего необходимо разработать адекватные формы контрольных листов. Появляется ряд дополнительных документированных процедур (анализ измерительных и контрольных процессов, методики измерения, планы управления). Необходимо также тщательно выверять содержание каждой технологической карты, на основе которых создается пакет документов для одобрения производства потребителем.

Иными словами, вначале необходимо создать достаточный массив информации для управления отдельными показателями качества. Затем верифицировать его в ходе выпуска установочной партии изделий. Упорядочить применение текущих данных (измерение и анализ) в серийном производстве.

В данной работе предложено упорядочить процессы подготовки и применения документированной информации в жизненном цикле проекта. За основу принята стандартизованная технологическая документация. К ней предложено добавить дополнительные носители информации. Вся совокупность документов сгруппирована в 4-х разделах: СМК, управление проектом, управление производством, менеджмент предприятия.

В каждом разделе проведена систематизация по группам. Так в разделе «управление проектом» выделено 10 групп (УП – управление проектом в целом; К – конструкторские; Т- технологические; М – метрологическое обеспечение; УК – управление качеством; П – планировки помещений и рабочих мест; ЗР – взаимодействие с заказчиком; В – результаты верификации; Э – жизненный цикл отходов; РОО – регламенты обслуживания оборудования и оснастки). В составе каждой группы определены конкретные виды документов. Продумана система буквенно-цифрового обозначения внутренних документов.

Для реализации требований ISO/TS 16949-09 разработаны и апробированы на действующем предприятии документированные процедуры управления отдельными процессами.

В результате заложена основа для автоматизации управленческого документооборота. Проведенные работы наглядно показали важность предупреждения потенциальных проблем на ранних стадиях подготовки производства.

Управление рисками в процессе поверки средств измерений

Хамитова Г.И.
Научный руководитель – к.х.н. Нигматуллин А.Т.
УГАТУ, каф. СиМ
guzel_khamitova@inbox.ru

Актуальность выбранной темы объясняется тем, что сегодня большинству хозяйствующих субъектов для правильного планирования своей деятельности и получения преимуществ перед конкурентами необходим всесторонний учет рисков, влияющих на достижение результата. Для достижения своей цели им необходимо внедрить современные системы менеджмента, которые должны соответствовать международным стандартам. Это объясняется тем, что в современных стандартах на системы менеджмента качества собран опыт многих крупных успешных предприятий, лидеров рынка в своей отрасли, представленный в универсальной форме. Так как издана новая версия стандарта ISO 9001:2015 «Системы менеджмента качества. Требования», многие предприятия, которые используют систему менеджмента качества, сталкиваются с определенными трудностями при переходе к новой версии стандарта. Стандарт ISO 9001:2015 имеет в себе достаточно много изменений по сравнению с версией 2008 года. Если ISO 9001:2008 расходился с ISO 9001:2000 лишь в немногих терминах и определениях, то в ISO 9001:2015 содержится много новшеств, одним из которых является риск – ориентированное мышление.

Риск – это воздействие неопределенности на ожидаемый исход. В процессе деятельности любого предприятия постоянно возникают риски, которые необходимо контролировать. В работе мною осуществлен риск – менеджмент: был составлен перечень рисков, проведены анализ и последующая оценка составленного перечня с использованием «Матрицы рисков».

При выявлении рисков процесса поверки командой экспертов методом мозгового штурма, была составлена таблица «Источники рисков по процессу «Поверка средств измерений»», в которой были описаны всевозможные риски в организации.

Далее по предварительно составленной методике был проведен анализ рисков. При анализе могут использоваться качественные, количественные методы или их сочетание. Степень анализа зависит от конкретной ситуации, доступных данных, потребностей организации. В работе был применен качественный метод анализа рисков. При качественной оценке риска определяют последствия, вероятность и уровень риска. Согласно составленной методике используется градация значений «высокий», «средний», «низкий». Сравнительная оценка проводится командой экспертов и затем сводится в итоговую таблицу.

Проведенная оценка рисков позволила определить величину риска, принять решение о его приемлемости и понять, что с этим риском делать в дальнейшем. Затем мной была разработана программа действий для нейтрализации рисков или минимизации отрицательных последствий возникновения нежелательных событий.

Преимущества использования метода HAZOP для оценки рисков и повышения качества

Ломакина Е.А., Худякова Е.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Борзов В.И.
МАИ, каф. УКиС
elena.sergeevna93@inbox.ru

На сегодняшний момент качество является ведущим требованием для любой продукции или услуги. Для достижения высокого уровня качества используются инструменты и методы. Один из таких методов – менеджмент рисков.

В соответствии с п. 2.1 ГОСТ Р 51897-2011/Руководство ИСО 73:2009 «Менеджмент риска. Термины и определения» «…Менеджмент риска:

скоординированные действия по руководству и управлению организацией в области риска».

Метод HAZOP (Исследование опасности и работоспособности) – это качественный и количественный метод оценки рисков, основанный на использовании управляющих слов, с помощью которых рассматриваются нежелательные отклонения и отказы от намеченных планов и установленных требований, определяются их причины и последствия, а также разрабатываются защитные мероприятия и рекомендации.

Исследование HAZOP проводится при заранее разработанной схеме процесса или же последовательно на каждом этапе этого процесса. Данное свойство делает метод HAZOP более гибким для применения.

В процессе работы группы HAZOP ведутся записи, включающие в себя используемые управляющие слова, которые могут использоваться как специальные, применяемые для конкретной системы, процессы или процедуры, и общие, охватывающие все типы отклонений и их возможные причины (например, «замена», «другой, чем», «так же, как» и т.д.), предложенные действия по идентифицированным проблемам и ответственного за эти действия, а также указывается время затраченное на обсуждение каждого этапа исследования. Любого отклонение, которое нельзя скорректировать, проводится оценка риска его возникновения.

Исследование HAZOP подразделяется на пять основных этапов:

- 1 этап. Назначается лицо, наделенное необходимыми полномочиями для проведения HAZOP для обеспечения любых действий, направленных на полное завершение этого процесса;
- 2 этап. Определяются цели и область распространения исследования;
- 3 этап. Производится подбор ключевых и управляющих слов;
- 4 этап. Формируется группа HAZOP; в нее обычно включают экспертов по основным и смежным дисциплинам, проектировщиков и производственный персонал. Они должны провести техническую экспертизу и оценить воздействие отклонений от намеченного или существующего проекта;
- 5 этап. Собирается документация, требуемая согласно с ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2010 «Менеджмент риска. Методы оценки риска».

Все перечисленные выше процессы и процедуры из которых состоит метод HAZOP, а также использование совместно с анализом надежности (например, анализ моделей вида и последствий отказов (FMEA) и анализ дерева неисправностей (FTA)), максимально повышает его эффективность в области качества продукции или услуг.

Законодательное и нормативное обеспечение проверки квалификации лабораторий на базе межлабораторных сличительных испытаний

Челак С.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Карепин П.А.
МАИ, каф. 207
chelak_sergey@mail.ru

Современный уровень сотрудничества, участие России в мировом рынке разделения труда, продолжающееся реформирование отечественной экономики создают реальную конкурентную среду, в которой экономическая стабильность и успешная деятельность каждой организации (предприятия) в значительной степени определяется снятием технических барьеров в международных торговых отношениях. В данной ситуации особую актуальность, экономическую и социальную значимость имеют действия по устранению барьеров в международной торговле, в обеспечении качества продукции и услуг в различных секторах экономики. Одним из самых серьезных технических барьеров являются ограничения на признания результатов, полученных испытательными и калибровочными лабораториями. Главным направлением деятельности в преодолении данного ограничения является реформирование национальной системы аккредитации с целью ее гармонизации с мировыми системами аккредитации. Поэтому в настоящее время приоритетным направлением деятельности национального органа

аккредитации - Росаккредитации является достижение активного сотрудничества с глобальными международными ассоциациями по аккредитации, такими как Международная организация по аккредитации лабораторий (ИЛАК - ILAC) и Международный форум по аккредитации (ИАФ - IAF). В рамках реализации данного глобального направления одним из путей достижения конечной цели является реализация требований международных стандартов и руководящих документов ИЛАК и ИАФ, в которых установлены способы практической реализации требований международной стандартизации в данной области деятельности. Поэтому анализ состояния законодательно–нормативной базы оценки соответствия, аккредитации и других видах деятельности в данном направлении имеет важное значение.

Базовым документом, устанавливающим основные положения деятельности ИЛАК по проверке квалификации, является Руководство ILAC P9:06/2014 «Политика ILAC по участию в деятельности по проверки квалификации». В этом документе устанавливаются требования к национальным органам аккредитации и приводятся определения таких понятий, как «проверка квалификации» и «межлабораторные сличительные испытания». Росаккредитация в соответствии с этими требованиями разработала и утвердила Политику Росаккредитации в отношении проверки аккредитации путем проведения межлабораторных сличительных испытаний, а также Порядок организации проведения межлабораторных сравнительных испытаний (термины «сличительных» и «сравнительных» используются как синонимы). Требования к аккредитации, технической компетенции, проверки квалификации и пр. в отношении лабораторий закреплены в различных международных документах и стандартах, в частности, стандартах ИСО 17025, ИСО 17043, ИСО 13528, в документах ILAC P9:11/2010, ILAC 022-2004 и пр. На основе международных документов установлены требования в национальных и межгосударственных стандартах: ГОСТ Р 13528-2010, ГОСТ Р 8.690-2009, ГОСТ ISO/IEC 17043-2013, РМГ 103-2010, РМГ 134-2015. Выполнение заданных требований уточнены в выпущенных рекомендациях по стандартизации Р 50.4.006-2002, Р 50.2.081-2011, Р 50.2.011-2005, Р 50.2.050-2005 и пр. На основе анализа данных документов и выявленных в них требований к обеспечению проверки квалификации лабораторий устанавливается современный подход к выполнению процедуры проверки, подробно прописываются такие элементы проверки как: участники оценки, порядок и этапы проверки, методика отбора проб, алгоритм вычисления и представления данных, порядок анализа, полученных результатов и особенности принятия решений по итогам испытаний.

Новые инструменты управления качеством в сфере образования

Чепрасова И.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Васильев В.А.
МАИ, каф. УКиС
Irishacheprasova@gmail.com

На сегодняшний день, одна из самых глобальных проблем для каждого учебного заведения, для каждого руководителя и преподавателя - это проблема управления качеством образования.

На данный момент уровень образования каждого человека и интеллектуально-профессиональные возможности общества в целом рассматриваются как стратегический ресурс.

Для того чтобы достичь наивысшей точки в управлении качеством образования, нужно поставить ряд целей, а именно: повышение конкурентоспособности образовательного учреждения, повышение его авторитета, укрепления статуса, стабилизации его будущего. В нынешних условиях, особенно по экономическим специальностям, имеется существенная конкуренция. Основным условием конкурентного преимущества образовательного учреждения является качество предоставляемого образования. Оно способствует трудоустройству выпускника, его самоопределению в профессии.

Если рассмотреть международные исследования, то выпускники российских школ владеют наиболее глубокими познаниями, чем их зарубежные сверстники, но хуже могут применить эти знания на практике. Подобная картина складывается и на рынке труда, когда ряд вакансий занят неграмотными специалистами, которые усвоили определенный объем знаний, но на деле не могут надлежащим образом выполнить свои профессиональные функции.

Качество, как и любой процесс в социально-экономической системе, не должно создаваться спонтанно. Это управляемый процесс, и о проблемах эффективного управления им необходимо задумываться. Для того чтобы повысить уровень качества образования предложены инструменты, такие как:

1. Эвалюация.

Эвалюация представляет собой достоверные сопоставимые данные, описывает образовательный процесс в динамике и обладает прогностическими характеристиками. Она, организованная специализированной структурой, которая в свою очередь освобождает время преподавателя для усиления работы с обучающимися. Такие структуры проводят полный цикл эвалюации: разработку оценочного инструментария по целям и задачам образования, способы проведения оценочных процедур; обработку материалов, проверку результатов, подготовку протоколов и рекомендаций.

8. Образовательная логистика.

Новшество логистического подхода состоит в интеграции различных сферах деятельности в образовании с целью достижения желаемого результата с наименьшими затратами времени и ресурсов путем оптимального и рационального управления информационными потоками, в первую очередь, образовательной статистики.

9. Мониторинг

Целью данного инструмента является получения объективной информации о функционировании системы образования.

В данной статье перечислены только некоторые инструменты управления качеством образования. На практике их встречается гораздо больше, и с каждым годом они с невероятной скоростью увеличиваются и модернизируются.

Процесс создания и внедрения новых и эффективных инструментов управления качества должен быть постоянным и тогда это позволит вывести качество образования на высочайший уровень.

Внедрение бережливого производства на промышленных предприятиях

Чичинова Э.В.
Научный руководитель – проф., д.т.н. Васильев В.А.
МАИ, каф. УКиС
uks009@mail.ru

В настоящий момент Россия находится в глубоком экономическом кризисе, что создает неблагоприятную среду для предприятий, занимающихся промышленностью. Внешнеполитические отношения в условиях спада мировой экономики стали причиной повышения цен на сырье и, одновременно, понижения спроса на многие виды продукции. Прибыль предприятий падает и для покрытия убытков приходится экономить на сырье и оборудовании, что неизбежно влечет за собой снижение уровня качества продукции.

В связи с избранием концепции массового производства основой производственных систем большинства отечественных предприятий, объемы не отслеживаемых потерь существенно возросли. Вместе с этим упали качество выпускаемой продукции и способность компаний составить достойную конкуренцию мировым производителям. Из-за неумения видеть потери массовое производство не приносит желаемых результатов. Концепция бережливого производства Lean Production подразумевает исключение всех восьми видов потерь: транспортировки, запасов, ожидания, движения, перепроизводства, технологии, дефектов и потерь человеческого потенциала. Первой и важнейшей целью определяя ценность товара для потребителя, концепция разделяет весь процесс на операции, добавляющие ценность для потребителя,

и операции, не добавляющие ценности. Сокращая количество последних, или полностью исключив их из производственного процесса, выстраивается новая последовательность операций, представляющая собой непрерывный поток работ, в котором исключают ожидания, простои и иные виды потерь.

Бережливое производство применяется в России уже более 10 лет, но лишь небольшое число предприятий достигло ожидаемого повышения эффективности. Сложность в том, что применение системы Lean требует большой точности, детального разбора и учета индивидуальных особенностей производства при разработке, что требует больших усилий от руководства и сотрудников. Нежелание компаний подвергать производственные процессы кардинальному пересмотру приводит к недолжному исполнению требуемых системой мероприятий. Внедрение концепции Бережливого производства в большинстве компаний останавливалось на этапе создания алгоритма, потому что требовало от разработчика большого количества времени и детального знания всех производственных операций. Поэтому для упрощения применения этой системы было создано несколько стандартных алгоритмов. Один из них - алгоритм Тайити Оно:

1. Внедрение концепции производственного потока,
10. Устранение скрытых потерь путем оптимизации процессов,
11. Установка системы автономного управления станками,
12. Совершенствование технологий,
13. Развитие сотрудников компании и партнеров.

Таким образом, были систематизированы общие положения для внедрения на промышленное предприятие концепции Бережливого производства, которая позволяет максимально улучшить эффективность работы предприятия. Значительное снижение затрат при помощи оптимизации производственного процесса и улучшения качества потребительских свойств товара позволяет концепции Lean Production существенно усиливать конкурентоспособность продукции и предприятия в целом.

Управление рисками в системе менеджмента качества

Шевцова А.О., Мельник А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Борисова Е.В.
МАИ, каф. УКиС
happy-channel@mail.ru

Сегодня методологии управления рисками в системах менеджмента качества одни из наиболее динамично развивающихся. Различные риски, которые могут влиять на деятельность организации, могут отразиться на финансовой и социальной сфере, деловой репутации организации, окружающей среде. Поэтому эффективное управление рисками в СМК позволяет организации показывать высокие результаты в условиях низкой определенности. Так что же такое риск? Согласно стандарту ISO 9000:2015 риск – это влияние неопределенности. Неопределенность может быть как негативной, так и позитивной. Риск-ориентированное мышление предполагает, что риск приводит к отклонениям от запланированных результатов, управление рисками помогает минимизировать негативные последствия и максимально использовать возникающие возможности. В процессе своей деятельности организация должна в первую очередь принять, что риски есть в каждой системе и любом виде деятельности, и ими необходимо управлять. Организация, внедряя или работая с уже отлаженной и эффективно функционирующей системой менеджмента качества (далее СМК), также является системой подверженной в той или иной степени различным рискам. В случае, когда СМК эффективно функционирует, влияние факторов риска менее выражено на ее деятельность. Когда факторы риска оказывают значительное влияние на деятельность организации, ее конкурентоспособность, прибыль, взаимоотношения с поставщиками, требуется доработка существующей СМК, актуализация ее согласно изменениям, внесенным в стандарт ISO 9001-2015. Поэтому в настоящее время активно исследуются проблемы управления рисками в СМК организации. Важным моментом при эффективном использовании механизма управления рисками в СМК организации является внедрение и

распространение риск-ориентированного мышления на все существующие подсистемы в СМК. На данный момент отслеживается тенденция активной работы с рисками в области СМК, где объектом исследования является качество продукции, но также стоит учитывать другие аспекты СМК, требующие внимания, так как они подергаются влиянию факторов риска и требуют постоянного совершенствования.

Управление качеством не ограничивается небольшой областью действия, оно охватывает весь жизненный цикл продукции, и направлено на управление всем предприятием, активную работу с потребителем и всеми заинтересованными сторонами, оперативным реагированием на их запросы. В стандарте ISO 9001-2015 одной из ключевых целей СМК считается – действовать как инструмент предупреждения, поэтому в стандарте нет отдельного пункта о предупреждающих действиях. Предупреждающие действия, их разработка и использование теперь реализованы на основе риск-менеджмента и СМК функционирующей на основе оценки рисков. Новая версия стандарта претерпела ряд изменений, включающих в себя отсутствие обязательных документированных процедур, теперь организация определяет объем документированной информации согласно своей среде, это необходимо для более продуманного планирования организацией и понимая необходимости для себя каждого конкретного документа.

Управление рисками в СМК является одной из первостепенных задач в организации на сегодняшний день. Высшее руководство организации, вне зависимости от ее вида деятельности, должно уделять внимание оценке и анализу рисков на постоянной основе. В риск-менеджменте используются следующие методы и инструменты: FMEA, диаграмма «галстук – бабочка», предварительный анализ опасностей, исследование HAZOP, FN кривая. В процессе развития и роста организации, в рамках рыночной экономики, расширяется диапазон возможных рисков, и методы управления рисками становятся необходимыми для внедрения в каждой организации.

Проблемы сертификации беспилотных авиационных систем с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее

Юкин И. И.
Научный руководитель – Карапетян Т.С.
МАИ, каф. 108Б
yavinte@yandex.ru

В связи с тем, что в последнее время активно развиваются беспилотные авиационные системы – далее БАС, обнаруживается несогласованность в вопросе классификации и сертификации БАС (в том числе с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее). При анализе ситуации были выявлены следующие проблемы:

- Не существует единой системы нормирования летной годности и сертификации беспилотных воздушных судов – далее БВС.
- Большая часть БАС разрабатывается и производится организациями, не имеющими сертификата разработчика на данный вид авиационной техники и при отсутствии должной квалификации.
- Широкое распространение контрафактных и низкокачественных комплектующих на рынке, ввиду их низкой стоимости, что повышает риск создания аварийной ситуации.

Следовательно, перед нами стоит задача снижения аварийности ~~МБПЛА.~~

Производиться оно будет следующим образом:

- Совершенствование процесса сертификации БАС и их систем.
- Исследование и анализ аварийных ситуаций возникающих при эксплуатации БАС.
- Определение надежности и отказобезопасности наиболее часто отказывающих систем.

На основе исследований можно будет установить, на какой компонент БАС следует обратить особое внимание при проверке.

На первом этапе работы было проведено статистическое исследование аварийных ситуаций МБПЛА, созданных в МАИ, для выявления причин отказа и составления статистики.

В настоящий момент проводится анализ случаев отказов по всей России.

Конечным итогом работы должны стать методические указания по сертификации БАС и проверке БАС и их систем на годность к эксплуатации.

Лучшие практики в менеджменте качества

Юшкова А.И.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Васильев В.А.
МАИ, каф. УКиС
nastyina072008@yandex.ru

На сегодняшний день менеджмент качества включает в себя обширную теоретическую и практическую базу, формировавшуюся не один десяток лет. С помощью грамотного применения теоретических основ и накопленного опыта можно решить такие задачи как: планирование, создание, обеспечение качества продукции, систем управления, процессов и т.д. Чтобы решить данные проблемы в жизни, необходимо создать индивидуальную для каждого производства систему.

Главная идея лучших практик состоит в том, что в любой деятельности есть оптимальный способ достижения цели, который оказался эффективным в одном месте, и может оказаться таким же эффективным и в другом. Главной же целью лучших практик является обеспечение возможности нахождения и применения того, что уже существует.

Одной из хорошо зарекомендовавших себя практик в менеджменте качества является бенчмаркинг. Его основой является соотношение своей фирмы и производства с самым сильным конкурентом, который признан лидером в данной отрасли. Выбор эталона для сравнения должен соответствовать материально-техническому уровню предприятия и его возможностям. Процесс бенчмаркинга включает в себя три больших этапа: планирование, анализ, реализация изменений. Объектами для сравнения при этом могут являться: продукция и услуги, финансовые показатели, бизнес-процессы, стратегии, структура и организация работы предприятия и т.д.

Ещё одной успешной практикой считается японская модель менеджмента качества. Японский подход ориентируется на запросы потребителей, соответствие продукции ее назначению и стандартам, предупреждение дефектов, вовлеченность всех звеньев в управление качеством, применение статистических методов, обучение и повышение квалификации кадров. Пожалуй, к самым известным японским моделям и инструментам менеджмента качества можно отнести: кружки качества, программа «Пяти нулей», система Just-In-Time, система КАНБАН. Также, именно в Японии была впервые применена такая философия, как непрерывное совершенствование или «кайдзен» и её 7 инструментов. Там же, в компании Toyota была основана концепция «бережливого производства», направленная на избежание так называемых производственных потерь. В рамках данной концепции применяются такие элементы, как система 5S, Just-In-Time, КАНБАН, всеобщий уход за оборудованием и быстрая его переналадка, кайдзен, инструменты контроля и управления качеством, пока-ёкэ,

Конечно, Япония не единственная страна, которая занималась вопросами менеджмента качества. Данная проблема коснулась и Европы, и Запада, и России. Ещё со времён СССР началось повсеместное внедрение систем управления качеством, таких как: БИП, КАНАРСПИ, НОРМ, СБТ, КСУКП, которые долгое время оставались своего рода «гарантом качества» производства.

На данный момент Правительство Российской Федерации реализует комплекс мер, направленных на отказ от использования неэффективных технологий в производстве и переход к применению наилучших доступных технологий (НДТ). Начиная с 2014 года, Правительство занялось созданием и выпуском нормативно-правовых документов по НДТ. В настоящее время этот процесс непрерывно продолжается.

Подводя итог всему вышесказанному, можно сделать вывод, что существует большое множество успешных практик менеджмента качества. Каждое предприятие и производитель при выборе себе ориентира должно учитывать свои реальные и потенциальные возможности, политику и цели, а также стараться прогнозировать возможные риски при внедрении.

Интеграция системы классификации гостиниц и системы качества услуг

Ахрамович А.А., Токметова К.В., Якимочева Е.Д.
Научный руководитель – к.т.н. Борзов В.И.
МАИ, каф. УКиС
akimfieva@mail.ru

В настоящее время необходимость в гостиничных услугах присутствует у значительной части населения. Такая потребность во временном проживании может возникать как во всех сферах бизнеса, так и исходя из личных интересов туриста. На сегодняшний день клиенты ожидают от гостиничной сферы обслуживание высокого уровня, которое в свою очередь соответствует международным стандартам. Качество здесь является ведущим фактором в борьбе за существование на рынке.

Возникает потребность в системе управления для определения и удовлетворения желаний клиента, так и для предупреждения влияния различных негативных факторов на развитие гостиничного бизнеса. Каждая гостиница в своем сегменте стремиться стать лучшей. Определить это можно благодаря выявлению общепринятой категории среди других конкурентов гостиничной индустрии. Одной из самых распространенных систем классификации гостиниц является система звезд, наряду с системой букв и системой «корон». К тому же, в процессе присвоения звездности можно определить недостатки и, главное, своевременно провести коррекцию для повышения качества предоставления услуг. Можно придерживаться как минимального набора требований для гостиницы, так и при возможности, более расширенного. К примеру, гостиницы со статусом пять «звезд» могут предложить своим клиентам самый широкий спектр высококачественных услуг, включая услуги общественного питания, фитнес-центра, разнообразные бизнес-услуги. Это в свою очередь привлекает большую часть потребителей. Итак, по такой классификации гостиницам выдают сертификат, подтверждающий соответствие ряду международных требований. Для современного туриста данный вид подтверждения соответствия является гарантией реализации собственных ожиданий.

В свою очередь, системы менеджмента качества опираются на удовлетворение желаний клиента и развитие деятельности собственной организации с прогнозом на последующие улучшения. Для оперативной реакции на изменяющиеся запросы потребителей гостиничных услуг актуальным способом воздействия является объединение систем управления. Интеграция систем классификации и сертификации по стандартам серии ГОСТ ISO обеспечивает выполнение общей задачи - подтверждение для потребителя соответствия гостиничных услуг установленным требованиям. Безусловно, наличие сертификатов дает более высокую гарантию качества только в том случае, если предприниматель смотрит в будущее и действительно заинтересован в повышении конкурентоспособности своих услуг, развитии предприятия и выходе на новые рынки.

Проектное управление производственной системой, как способ обеспечения эффективности производства

Якушев Д.А.
МАИ, каф. УКиС
yakushevda@mai.ru

Низкое качество, нерациональная организация производственных процессов, слабое понимание современных подходов к повышению эффективности производства на современных отечественных предприятиях, это те слабые места, которые необходимо проанализировать в первую очередь и предпринять действия по их устранению для

выхода из сложившегося кризиса конкурентоспособности российских предприятий на мировом рынке.

Мировой опыт показал, что все эти задачи решаемы. Но по непонятным причинам многие компании, особенно отечественные, продолжают игнорировать успешный опыт своих конкурентов, что крайне негативно сказывается на положении дел.

Если проанализировать происходящее на отечественных предприятиях различных отраслей, то происходящее можно охарактеризовать как проблему модернизации производственных систем управления.

При этом возникает вопрос, а каким образом должна трансформироваться система управления предприятия при переходе на новые управленческие технологии?

В попытке повысить эффективность производства, многие управляющие принимают решения о внедрении ограниченного числа отдельных инструментов в существующие производственные процессы, которые в итоге не дают ожидаемого результата.

Поэтому говоря о повышении эффективности производства, мы должны подразумевать полное переосмысление традиционных подходов к управлению производственными системами, требующее не малых усилий, как со стороны руководства, так и со стороны рядовых сотрудников.

Главной целью любой производственной системы является:

- Самосохранение системы;
- Развитие системы;
- Повышение эффективности функционирования системы.

Проектный подход при формировании производственной системы является своеобразным продолжением процессного подхода, при этом во главе рассматривается не процесс, а проект как основная производственная, инновационная и конкурирующая бизнес-единица. К проектному подходу чаще всего прибегают в проектно-ориентированных компаниях, т.е. в тех компаниях, в которых требуются целенаправленные изменения в системе для разработки и освоения новых видов продукции и технологических процессов, модернизации производства и т.д. [1].

Преимущества проектного подхода:

- Высокая адаптивность;
- Высокая мотивация персонала;
- Развитие инноваиционной деятельности;
- Сокращение численности управленческого персонала в сравнении с привычными иерархическими организационными структурами.

Литература:

1. Матюшок С.В. Роль проектного подхода в повышении экономической эффективности промышленных компаний. М.: РУДН, 2013. 22 с.

Управление проектом подготовки производства электронного автокомпонента

Ямалиева Р.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Касьянов С.В.
Филиал К(П)ФУ, каф. МТК
tstark48@mail.ru

В современных машинах, в том числе автомобилях с каждым годом возрастает количество функций, управляемых с применением средств электроники. Электронные компоненты содержат множество элементов, в том числе микроскопических размеров. Важно, чтобы эти изделия выполняли свои функции с абсолютной надежностью. В настоящее время они разрабатываются и производятся преимущественно на компактных предприятиях, неспособных содержать большие инженерные службы. В них существенно возрастает ответственность каждого специалиста, но зато упрощается внедрение командной работы по реализации и управлению проектом.

Данная работа выполнена на примере реализации проекта подготовки производства изделия «Плата заднего фонаря». Систематизированы виды и перечни работ на этапах проекта, разработаны критерии оценки их результативности, проработаны вопросы организации одновременного выполнения работ. Проведена апробация обязательных процедур (FMEA, MSA, SPC) и разработаны документированные процедуры по их управлению. Поэтому велик риск получить отказ в одобрении производства.

В ходе подготовки комплекта документов и образцов для одобрения производства потребителем оказалось, что необходимо очень внимательно готовить технологическую документацию. Обычно в ней содержится достаточно много неточностей, упущений и даже ошибок.

Для сокращения затрат времени на сбор и анализ данных разработаны формы контрольных листов по видам производственных технологий. Отработана также типовая форма рабочих инструкций операторов и наладчиков.

Упорядочены перечни обязательных документов, разрабатываемых на каждом этапе, и введена обязательная их апробация до внедрения. Проработана дополнительно процедура привлечения новых поставщиков, а также процедура оценки качества их поставок.

Чтобы гарантированно обеспечить качество в ключевом процессе – автоматической пайке электронной схемы, дополнительно проработан и ужесточен регламент технического обслуживания специальной установки «Mydata MY100L». На основании выполненных работ подготовлен пакет документированной процедуры управления подготовкой производства электронного автокомпонента.

В результате реализации комплекса перечисленных мероприятий оказалось, что длительность цикла подготовки производства по сравнению с выполнявшимися ранее проектами аналогичной сложности сокращалась в 1,3 раза. При этом существенно уменьшилось количество ошибок и упущений, которые ранее приводили к потерям в серийном производстве.

Влияние стандартизации на обеспечение качества оборонной продукции

Ямбулатова А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Денискина А.Р.
МАИ, каф. 104
naughty_bullet@mail.ru

Уже более 90 лет в России ведутся планомерные работы по разработке и внедрению стандартов. В начале 2017 года была найдена печатная версия самого первого отечественного документа по стандартизации, утвержденного 7 мая 1926 года - ОСТ 1 «Пшеница. Селекционные сорта зерна. Номенклатура».

Стандарт – лучшая практика, сформулированная в документе. Постоянно меняющиеся условия, в которых разрабатывается, производится и эксплуатируется продукция, определяют характер дальнейшего развития стандартизации.

В конце 2016 года были внесены изменения в порядок стандартизации оборонной продукции, которые вступили в силу с 1 марта 2017 года (Постановление Правительства Российской Федерации № 1567 от 30 декабря 2016 года).

Одной из главных целей стандартизации, в соответствие с постановлением, является обеспечение качества, надежности и конкурентоспособности оборонной продукции. Эти составляющие необходимы для эффективного функционирования оборонно-промышленного комплекса, как высокотехнологичного многопрофильного сектора экономики.

В ходе работы был проведен анализ состояния вопросов по стандартизации в области оборонно-промышленного комплекса, который позволил обобщить и выделить наиболее важные направления для успешной реализации цели стандартизации:

– гармонизация национальных документов по стандартизации с международными стандартами серии ISO 9000;
– непрерывное усовершенствование военной стандартизации;
– участие российских экспертов в международной стандартизации.

В настоящее время разные отрасли экономики инициируют разработку национальных стандартов на системы менеджмента применительно к своей отраслевой специфике, основным стандартом, устанавливающим требования к системе менеджмента качества организаций оборонно-промышленного комплекса, является ГОСТ РВ 0015-002-2012. В связи с выходом новой версии стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015, возник вопрос о гармонизации этих двух стандартов, что является достаточно трудной задачей для предприятий. На данный момент никакой информации от ФГУП «Рособоронстандарт» относительно актуализации и выхода новой версии военного ГОСТа не поступало, а значит, вопрос остается открытым.

С целью унификации этих документов необходимо применение новой «высокоуровневой структуры». «Структура высокого уровня» требует, чтобы содержание стандарта укладывалось в десять разделов: 1. Область применения. 2. Нормативные ссылки. 3. Термины и определения. 4. Контекст организации. 5. Лидерство. 6. Планирование. 7. Обеспечивающие средства. 8. Организация функционирования. 9. Оценка результатов. 10. Улучшение. Для того чтобы избежать неправильной интерпретации требований и достичь легкого интегрирования и понимания необходимо применение упрощенного языка и стиля при изложении разделов документов.

Управление качеством производства вооружения и военной техники не может осуществляться без развитой системы военных стандартов, ведь стандартизация позволяет комплексно управлять качеством продукции на всех этапах жизненного цикла, а также ускорять разработку новой техники.

Управление качеством технологического процесса нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий

Шехтман С.Р., Янсаитова М.И.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Шехтман С.Р.
УГАТУ, каф. ТМ
mily-008@mail.ru

Качество технологического процесса оценивается показателями качества на всех этапах жизненного цикла изделия. Качество покрытий зависят от структурного состояния исходного материала, способа и вида финишной обработки поверхности детали, технологических возможностей применяемого оборудования и эффективности воздействия плазмы на поверхность детали на всех технологических этапах обработки.

Из множества методов нанесения покрытий особое место занимают вакуумные ионно-плазменные покрытия. Преимуществами являются эксплуатационные свойства деталей такие, как коррозионностойкость, эрозионностойкость, а также высокая адгезия к подложке.

Качество технологического процесса оценивается показателями качества на всех этапах реализации. С целью выявления основных факторов, влияющих на качество технологического процесса покрытий была построена диаграмма Исикавы. Дальнейшее ранжирование выявленных факторов с помощью диаграммы Парето позволило установить основные факторы, с которых нужно начинать действовать для повышения эффективности реализации технологического процесса нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий.

Поскольку одной из основных причин, влияющих на качество технологического процесса нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий, является качество конструкторско-технологической документации, была проведена метрологическая экспертиза, которая выявила, что в настоящее время в конструкторской документации регламентируется только шероховатость поверхности и толщина покрытия, что является недостаточными, и не гарантирует стабильность реализации технологического процесса нанесения покрытий. Для решения этой проблемы необходимо разработать стандарт.

Положения разрабатываемого стандарта должны распространятся на вакуумные ионно-плазменные покрытия, и устанавливать номенклатуру показателей, характеризующих их качество. Дальнейшая разработка метрологического обеспечения

реализации технологических процессов нанесения покрытий, включающая нормативный документ, позволят повысить эффективность управления качеством технологического процесса.

Секция «Управление персоналом аэрокосмической отрасли»

Особенности организации аттестации руководителей подразделений в современных организациях

Абдулаева А.Х., Якушина А.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Козлова Е.Г.
МГОУ, каф. УП
mazaikaguf@mail.ru

В системе оценки персонала определенное место занимает аттестация руководителей и специалистов производства, которая регулярно проводится во многих организациях на основание соответствующих положений и нормативных актов, а также с помощью различных процедур и методов.

В Российской Федерации законодательно утверждены ситуации, когда проведение аттестации необходимо для определения соответствия занимаемой должности, рациональной расстановки кадров и их эффективного использования. В свою очередь процедура аттестации руководителей современных организаций имеет ряд особенностей.

В данном докладе будут рассмотрены отличия аттестационной процедуры для руководителей унитарных предприятий, которая регулируется Постановлением Правительства Российской Федерации от 16.03.2000 № 234. В этом документе описан общий порядок проведения аттестации сотрудников из категории руководящего состава предприятия.

Аттестация руководящего персонала служит основой для перевода сотрудников, их награждений, продвижений по карьерной лестнице, понижений в должности, увольнений, а также для определения размеров заработной платы. Все многообразие целей аттестации персонала руководящего состава можно условно разделить на 3 большие группы: административные, информационные и мотивационные.

К основным задачам аттестации руководителей относятся: изыскание резервов роста повышения производительности труда и заинтересованности руководителей в результатах своего труда и всей организации, оценка результатов деятельности руководителей и установление соответствия занимаемым ими должностей, создание условий для динамичного и всестороннего развития личности руководителей, повышение ответственности руководителей как за свои результаты работы, так и всей организации и многие другие.

Более подробно остановимся на методах оценки деятельности руководителей. Также необходимо обратить внимание на распространённые ошибки в проведении оценки руководителей подразделения.

Аттестация руководителей завершается тем, что дается точная и полная оценка его управленческой деятельности.

В первую очередь, аттестация должна рассматриваться как эффективное средство развития самой организации, а также ее непосредственных сотрудников.

Совершенствование оценки результатов деятельности персонала

Алексеева П.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Коновалова О.В.
МАИ, каф. УП
polina.alexeeva7@yandex.ru

В настоящее время важная роль в процессе управления персоналом принадлежит системе оценки персонала. Необходимо оценивать сотрудников на этапах привлечения персонала и его дальнейшего эффективного использования, развития. Существует

множество методов проведения оценки, адаптированных под выделенные этапы работы с персоналом.

В отечественной практике управления персоналом проводится оценка деятельности сотрудников по достигнутым результатам (управление по результатам), по выполнению функций (аттестация деятельности), по профессиональному потенциалу (личностным и деловым качествам). В крупных и средних организациях регулярно проводится оценка на основе моделей компетенций. В целях повышения эффективности труда актуальной задачей становится определение необходимого уровня владения компетенциями и определение степени проявления данных компетенций в работе специалистов и руководителей подразделений.

На Западе становится востребованным метод «управление результативностью», который позволяет приспособить процедуры по оценке персонала для решения конкретных бизнес-задач, стоящих перед компанией. Американский философ Кен Уилбер является автором схемы «Четыре квадранта интегрального подхода», в которой есть место и индивиду, и коллективу, а также взгляду внешнего наблюдателя на персонал и самооценке человека.

В российских компаниях регулярная оценка персонала состоит из планирования ключевых целей на определенный период и организации контроля их достижения, определения степени владения знаниями и навыками. В соответствии со стратегическими целями организации каждому подразделению назначаются оперативные цели. Итоговый результат подразделения формируется из «вклада» каждого сотрудника – выполнения запланированных целей. Концепция каскадирования целей представляет собой эффективный метод выявления критериев оценки деятельности персонала и подразделений. Каскадирование стратегических целей ведет к повышению качества управления во всех вовлеченных структурных подразделениях, так как предполагает назначение (трансляцию) целей от оценивающего руководителя к оцениваемому сотруднику. В результате внедрения процедуры каскадирования стратегические цели организации или крупных подразделений будут достигнуты с большей долей вероятности.

На практике руководители часто подходят формально к планированию ключевых целей, составлению должностных инструкциях, и в этом случае по таким документам невозможно провести подробную оценку деятельности работника. В ходе работы была подтверждена актуальность внедрения документа «Профиля должности» и необходимость его внедрения в систему оценки персонала российских компаний. В Профиле должности подробно регламентируются не только сами обязанности, но и критерии оценки их выполнения - сроки выполнения регулярной работы. Руководитель определяет количество работников для выполнения операции и бизнес-процесса. Таким образом, выявляются ключевые должности, без которых организация не может функционировать эффективно.

Создание комплексной системы оценки и дальнейшее ее усовершенствование позволяет значительно снизить риски в работе с персоналом, проводить правильную ротацию кадров, определить потребность в обучении сотрудников организации, принимать обоснованные управленческие решения о включении сотрудника в состав кадрового резерва.

Проблемы современных методов оценки персонала

Артамошина К.Д., Мягких К.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Истратий А.Ю.
МГОУ, каф. УП
locron@yandex.ru

Работа посвящена рассмотрению и анализу различных современных методов оценки персонала, выявлению их положительных и отрицательных сторон, а также выделению проблемных зон в данной области.

Актуальность данной темы вызвана тем, что, во-первых, в современных экономических условиях возрастает роль качественной оценки персонала, во-вторых- из-за наличия большого числа совершенно различных методов оценки руководитель не

всегда может сделать верный выбор метода, который сможет отразить реальное состояние дел.

Существующие оценочные методы персонала подразделяются на традиционные (метод стандартных оценок, шкалирование, сравнительные методы) и нетрадиционные («360-градусов», ассесмент-центр, «тайный покупатель», MBO, PM и тд.) Традиционные методы помимо того, что, уже хорошо изучены и часто применяются в различных организация, имеют ряд недостатков таких как: высокая степень субъективизма (оценку проводит один человек), односторонность оценки (оценка только профессиональных качеств без учета личных). Поэтому в нашей работе мы подробнее остановимся именно на современных (нетрадиционных) методах.

Метод «360-градусов». Его суть заключается в том, что оценка работника производится всем его окружением, с различных сторон и в разнообразных рабочих ситуациях. Он применяется для определения потребности в обучении, текущей оценке деятельности, оценки прохождения периода адаптации и тд. Недостатки метода: привлечение большого числа людей для его проведения, оцениваются только компетенции работника, без учета его достижений.

Центр оценки или ассесмент-центр – метод комплексной оценки персонала, который включает в себя последовательные процедуры и мероприятия, ориентированные на оценку реальных качеств сотрудников, их профессиональных навыках и психологических особенностях. Состоит из трех этапов: 1) ситуационные (моделирующие) упражнения 2) интервью 3) тесты. Основные недостатки: требует больших затрат на осуществление (временные, денежные, ресурсные), невозможность получения результатов в один день.

Управление по целям (MBO). Управление по целям заключается в кооперативном процессе определения целей, выбора направления действий и принятия решений. Оценка на его основе проводится с помощью показателей KPI, они позволяют количественно измерить фактически достигнутых результатов. Один из главных минусов KPI заключается в том, что, если подразделение плохо сработало, в зарплате могут потерять сразу все его сотрудники. Ведь персональные KPI связанны с ключевыми показателями всего отдела.

Управление результативностью (PM). Оценивается не только результат, но и способы его достижения. Метод оценивает результаты, компетенции сотрудников, выявляет области развития. Акцент ставится на обратной связи руководителя с работником. Основным минусом метода выступает трудоемкость проведения оценки.

Метод оценки «Тайный покупатель» - это технология оценки персонала, которая позволяет оценить сотрудников с точки зрения клиентов. Суть технологии заключается в том, что к реальным клиентам добавляется некоторое количество «специально подготовленных» клиентов, которые общаются с сотрудниками, совершают покупки, предъявляют претензии и тд. Минусы такого исследования: высокая стоимость, большое влияние личности интервьюера на слабо формализуемые данные (опросы, оценки).

Все вышеперечисленные методы обладают важными особенностями, которые влияют на результаты оценки. Каждый метод должен применятся в определённой ситуации и не может стать универсальным для любой компании. Все их необходимо тщательно подбирать и дорабатывать для конкретной компании или сотрудника.

Взаимодействие в системе «школа-вуз-предприятие» как важный инструмент подготовки компетентных специалистов

Богдан Е.С.
Научный руководитель – доцент, д.э.н. Чуланова О.Л.
СурГУ, каф. УП
bogdan-es@mail.ru

Эффективное развитие аэрокосмической отрасли возможно за счет внедрения новых технологий, привлечения к работе высококвалифицированных специалистов, что в свою очередь, требует подготовки и развития специализированных кадров. В связи с этим,

приоритетными для любого вуза становятся проблемы подготовки кадров, в оптимальном количестве и с достаточным набором необходимых работодателю компетенций. Решение этих задач требует комплексного подхода, разработку и реализацию механизмов и инструментов, ведущих к согласованности взглядов и совершенствованию взаимодействия учреждений высшего профессионального образования с представителями аэрокосмической отрасли.

При планировании создания любой программы высшего образования необходимо понимать потребности конкретной отрасли, оборудования, с которым придется работать выпускнику и пр., а также отметим важность целенаправленной подготовки абитуриентов для поступления в вуз, организацию активной профориентационной работы, с получением обратной связи (ожиданий, критических замечаний) от абитуриентов и их родителей, внедряя ряд профилирующих элективных курсов, олимпиад, конкурсов, экскурсий, дней отрытых дверей, чтобы еще до поступления абитуриента в вуз сориентировать его в процессе и специфике обучения, погрузить его в атмосферу студенчества, развить внутреннюю мотивацию к освоению профессии и приобретению профессиональных и надпрофессиональных компетенций, т.к. аэрокосмическая сфера очень сложна и «случайных» людей в ней быть не должно.

Благодаря тесному взаимодействию «школа-вуз» уже в процессе школьного обучения старшеклассники смогут получить как знания об определенной профессии, так и начальные практические навыки. Это позволит школьникам оценить и понять для себя привлекательность определенной профессиональной области, а также перспективы и возможности своего профессионального развития.

Плотные взаимодействия в системе «школа-вуз-предприятие» позволят повысить качество подготовки востребованных на рынке труда специалистов необходимой квалификации и с набором соответствующих личностных и межличностных навыков, ориентированных на работу в инновационной экономике, конкретной организации и пр.

Новые подходы к оценке качества управленческих кадров

Бодрова Л.Г.
Научный руководитель – ст. преподаватель Денисов А.М.
МТУ, каф. ОКР в органах гос. власти
Ludkabodrova@mail.ru

Не беспокойся о том, что у тебя нет высокого чина.
Беспокойся о том, достоин ли ты того, чтобы иметь высокий чин.
Конфуций

Правильное и эффективное руководство организацией во многом зависит от её руководителей. Практика показывает, что в настоящее время довольно широкой массе трудящихся, и что особенно опасно – руководящим управленческим кадрам бывает недостаточно профессионализма. Управлять деятельностью и развитием организации должны люди, которые прекрасно знают сферу деятельности компании, легко подстраиваются под изменения внешней среды, компетентны в своей профессии и имеют ясное представление о будущём компании и т.д.

Оценка качества работы труда работников системы управления представляет серьёзную проблему. Проблематичность оценки связана со специфическими особенностями управленческого труда, которые не всегда возможно однозначно количественно измерить из получаемых результатов. Известно, что труд работников аппарата управления является очень разнообразным по своему составу и характеру.

Оценка руководителей должна проводиться на регулярной основе, по возможности с использованием объективных оценочных критериев и привлечением компетентных экспертов. Результаты оценки позволят менеджеру критически взглянуть на свою деятельность со стороны, а его руководству определить перспективность менеджера для карьерного роста. Состав оценочной комиссии должен формироваться в соответствии с определёнными правилами, в неё должны входить руководители более высокого уровня, должны входить руководители того же иерархического уровня, что и оцениваемый

руководитель, а так же его подчиненные. Должны учитываться и самооценки испытуемого.

В последнее время чаще всего в организациях распространены такие методы оценки как метод классификации, рейтинг или метод сравнения, метод оценки по решающей ситуации, метод рейтинговых поведенческих установок, метод шкалы наблюдения за поведение, метод независимых судей, метод деловых игр, метод оценки на основе моделей компетентности, метод центов оценки, метод комитетов, метод самооценки и др.

Очевидно, что набор компетенций управляющих кадров организаций, а также структура и содержание их профессиональной деятельности предполагают наличие специфических качеств, несвойственных рядовому сотруднику, что объясняет особенность оценки качества руководящих должностей.

Оценка руководителей имеет несколько направлений, которые дополняют друг друга и вместе дают целостную картину сложившейся ситуации, которую невозможно получить, если не учесть все значимые факторы. В связи с этим можно говорить о целесообразности использования комплексного подхода к анализу и оценке качества работы управленческих кадров.

Эволюция подходов к оценке квалификации

Борисенко Н.С.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Чуланова О.Л.
СурГУ, каф. УП
borisenkonatasha1993@rambler.ru

В настоящее время в России осуществляется масштабное обновление национальной системы квалификаций работников и формирование системы профессиональных стандартов, затрагивающее практически все отрасли российской экономики и социальной сферы. Действующая квалификационная система в России основывается на применении ЕТКС, ЕКС, ОКПДТР, в котором содержится перечень официальных наименований профессий и должностей, существующих в различных отраслях экономики.

На официальном сайте Минтруда функционирует программно-аппаратный комплекс «Профессиональные стандарты», с целью информирования всех заинтересованных организаций и граждан в разработке профстандартов. Всего в 2016 году принято около 800 профстандартов, а в 2017 году на профстандарты предполагается перейти во всех отраслях.

Первый макет профессионального стандарта появился в 2007г. Однако работодатели не заинтересовались данной разработкой, поэтому вузы разрабатывали образовательные стандарты самостоятельно.

В последние время популярными стали стандарты или рекомендации, которые разрабатываются профессиональными организациями, такими как, консорциумы или ассоциации. В 2007 году Национальным союзом кадровиков (НСК) были разработаны и утверждены Стандарты профессиональной деятельности в области кадрового менеджмента.

Интегрируя и развивая подходы Митрофановой В.В., представим краткую историю развития профстандартов в таблице. [1]

Таблица. История развития профстандартов

Год	Событие
1997	Програма социальных реформ РФ. Первое упоминание термина "профстандарт"
2006	Создание национального агенства развития квалификаций (НАРК)
2007	Первый макет профстандарта Положение о профстандарте
2008	Проект национальной рамки развития квалификаций
2009	Идея передать право вузов присваивать профессиональные квалификации

2010	Создание Общественно-государственного совета Системы независимой оценки качества профессионального образования
2011	Создание Агенства стратегических инициатив (АСИ) Дорожная карта "Создание Национальнойсистемы квалификаций и компетенций"
2012	Указ от 07.05.2012 №597 введение понятия профстандарта в ТК РФ
2014	План мероприятий по разработке, экспертизе и применения ПС на 2014-16гг Создание Национального совета профессиональных квалификаций при Президенте РФ Создание Совета по развитию профессиональных квалификаций
2015	Введен в действие профстандарт "Специалист по оценочной деятельности" (АВЕКО) Зарегистрирован первый Центр оценки квалификации (АВЕКО)

Список использованной литературы

1. Эстиматика URL: http://www.estimatica.info/assessment/profstandarty/166-istoriya-razrabotki-professionalnyh-standartov (дата обращения: 08.02.2017)

Формирование благоприятных условий труда в производственной сфере

Борисова М.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Истратий А.Ю.
МГОУ, каф. УП
mashaboris@autorambler.ru

Производственная сфера - совокупность отраслей материального производства, в которых создаются материальные блага - средства производства, предметы потребления.

Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника. Элементы условий труда подразделяются на 4 группы: санитарно-гигиенические, психофизиологические, эстетические и социально-психологические.

К санитарно-гигиеническим условиям относятся элементы внешней среды, которые оказывают непосредственное влияние на процесс осуществления физиологических процессов в среде. Подробно про санитарно-гигиенические нормы можно посмотреть в СанПиНе. Для улучшения микроклимата проводят ряд мероприятий: рационализацию объемно-планировочных решений производственных зданий, вентиляцию и кондиционирование воздуха, тепловую изоляцию оборудования, рационализацию труда и отдыха.

К психофизиологическим условиям относятся элементы внешней среды, из-за которых в процессе работы возникают нагрузки на организм человека. Физиологи советуют тяжесть труда устанавливать, смотря на частоту пульса, дыхания, расход кислорода. Для улучшения психофизиологических условий рекомендуется убавлять последствия монотонности, количество нагрузок на работника; правильно организовывать рабочее место.

К эстетическим условиям труда относятся требования по внесению художественного начала в производственную среду. Эстетика вызывает положительные эмоции и способствует повышению работоспособности человека. Для улучшения данных условий рекомендуется грамотное оформление внешней и внутренней территории предприятия.

К социально – психологическим факторам относятся элементы, формирующие социально-психологический климат. Социально-психологическая группа факторов определяется составом и особенностями предприятия. Данная группа факторов не имеет единиц измерения, норм и стандартов. Поспособствовать формированию благоприятного социально-психологического климата может регулирование численности микробригад в трудовом коллективе, грамотная организация совместной деятельности, активный обмен информацией в рамках рабочей деятельности и др.

Безопасность труда – важнейшая составляющая благоприятных условий труда на предприятии. Основными положениями по охране труда в нашей стране закреплены в Трудовом кодексе РФ и Федеральном законе «Об основах охраны труда в РФ».

В целом, условия труда на предприятии влияют на ряд показателей, основными из которых являются: работоспособность, физическое здоровье, желание и способность

работать дальше для данной организации. Поэтому обеспечение на предприятии оптимальных условий труда важно не только для работника, но и для руководителя.

Разработка инновационных методов управления и развития потенциала трудовых ресурсов

Брегнова А.В.
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Крючков В.Л.
МАИ, каф. УИ
alina.bregnova@mail.ru

«Из всех трудностей, с которыми столкнулись НАСА,
отправляя человека на Луну,
управление было наверно самой сложной задачей»,
Роджер Лаунис, историк НАСА

Мы живем в такой период, где никому не нужно доказывать то, что мотивированные люди, обученные, обладающие необходимыми знаниями и компетенциями для конкретной работы в какой-то компании, в очень большой степени гарантируют успех коммерческой деятельности. Монопольные рынки почти исчезли, конкуренты быстро подхватывают любые опубликованные инновации и ноу-хау, поэтому, как правило, сейчас одерживают победу те компании, которые имеют наилучшие команды. Любой управляющий сталкивается с вопросом, как же заставить сотрудников работать наиболее эффективно, как раскрыть вложенный в них потенциал. Ведь на самом деле все зависит от людей, от уровня квалификации, умения и желания работать. Именно не заводы, не оборудование и даже не производственные запасы, а человеческий фактор является конкурентоспособности, экономического роста и эффективности.

В повсеместной управленческой деятельности практикуются всевозможные модели кадрового менеджмента, которые нацелены на развития трудового и творческого потенциала для достижения экономического успеха компании и удовлетворения личных потребностей работников. Такие модели являются: управление по целям, системы вознаграждения, обучение, повышение квалификации, мотивационный менеджмент, фасилитация, коучинг, тайм менеджмент, практика инэмури т.п. Для блага самой организации руководство компании должно постоянно работать над всемерным повышением потенциала кадров. Развития и повышения потенциала сотрудников пробуждает рост продуктивности труда и рентабельности предприятия. Для развития потенциала трудовых ресурсов используют методы как: профессиональная ориентация и социальная адаптация в коллективе; оценка производственной деятельности и др. Все эти модели хороши и каждые из них имеют свои преимущества и недостатки. С их помощью можно развивать потенциал сотрудников. Но как всегда появляется одно «но»: нужно знать, когда их применять, и в какой ситуаций.

Выводы, которые можно сделать после данного проведенного анализа управленческих моделей с позиции возможности внедрения инновации в деятельность трудовых ресурсов, позволяет сформулировать главную задачу инновационной системы управления персоналом. Организации, которые могут обеспечивать сотрудникам хорошие условия работы, постоянно генерируют инновации во всех аспектах своей деятельности, и эффективно их используют с помощью создания условий для внедрения инновации, профессионального и социального развития персонала на благо самих работников, принесет преимущества, не только в компании, а и в обществе, а это очень важно.

Методика «семь радикалов» как один из приемов эффективного управления персоналом предприятий аэрокосмического комплекса

Буйлина Е.Е., Семенова Н.С.
Научный руководитель – ст. преподаватель Окунева Т.Д., доцент, к.э.н. Илова А.А.
Филиал «Взлёт» МАИ, каф. А31
nana7nana5nana3@mail.ru

Значимую роль в достижении высоких результатов деятельности всех предпринимательских структур занимает эффективное управление персоналом организации, и аэрокосмическая отрасль не является исключением.

Одна из основных задач управления персоналом – подбор кадров, который не только должен обеспечить нормальный режим функционирования организации, но и влияет на будущий успех организации. Эффективный отбор персонала исходит из концепции, что успех предприятия всегда в значительной мере зависит от его сотрудников.

Существует три группы методов управления персоналом: 1) административные методы - воздействия на персонал базируется на власти, дисциплине и взысканиях; 2) экономические методы - осуществляются на основе использования экономических законов и категорий; 3) социально-психологические методы - базируются на использовании закономерностей психологии и социологии.

В аэрокосмической отрасли, наиболее важную роль в работе с персоналом играют психологические методы, поскольку направлены на конкретную личность рабочего или служащего и, как правило, строго персонифицированы и индивидуальны.

Наряду с различными традиционным и инновационными методами подбора кадров, авторами изучена и предложена к использованию при подборе кадров предприятий аэрокосмической отрасли методика В.В.Пономаренко «Семь радикалов», относящаяся к психологическому методу, ставшая итогом преломления общепризнанной концепции нрава и применить.

Ключевое понятие методики - радикал - представляет собой группу однородных психологических качеств. В.В.Пономаренко в своей методике определяет следующие радикалы: истероидный, эпилептоидный, паранояльный, эмотивный, шизоидный, гипертимныйи тревожный. Понятие «радикал» в русском языке означает «начало». Исходя из этого, приведенные названия радикалов можно рассматривать как имеющие определенное начало: истероидный радикал – демонстративное начало, эпилептоидный радикал – упорядоченно-агрессивное начало, паранойяльный радикал – лидерское начало, шизоидный радикал – творческое начало, гипертимный радикал – общительно-развлекательное начало. Эмотивный радикал означает эмоциональную восприимчивость, способность реагировать на нюансы происходящего, отличать гармоническое состояние воспринимаемой системы от дисгармонического. Тревожный – склонность пасовать перед новизной, уклоняться от психических и физических нагрузок, стрессов, ответственности.

Однако, в «чистом» виде перечисленные радикалы, как правило, не существуют. Характер человека состоит из нескольких радикалов, но всегда есть ведущий радикал, образующий основу характера и определяющий основной мотив поведения человека, и несколько дополнительных, являющихся поведенческими средствами реализации мотива.

В ходе анализа авторами рассмотрены и сгруппированы радикалы, на которые стоит обратить внимание при подборе персонала на предприятия аэрокосмической отрасли, а так же отмечено, кандидатов с какими радикалами стоит избегать при приеме на работу в данную отрасль.

Следует отметить, что при подборе сотрудника на ту или иную должность более рационально пригласить на работу специалиста, который не только обладает должным опытом и знаниями, но и по складу характера максимально соответствует должности.

Управление персоналом в образовательных учреждениях

Бурикова В.И.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Истратий А.Ю.
МГОУ, каф. УП
burikova.victoria@yandex.ru

Обновление условий, технологий, ценностных ориентиров требует от системы образования развития на опережение, обеспечивающее качественное образование не только нынешнему поколению, но и тем, кто придет после нас. Итак, 22 марта 2011 года было принято постановление правительства Москвы "О развитии общего образования в городе Москве", где одним из механизмов стало принятие равной нормы финансирования для всех школ.

На что же повлияли такие преобразования, и что именно изменилось за эти несколько лет в системе образования. Главное изменение - в финансировании: раньше осуществлялось по смете, теперь нормативно-душевое финансирование, что позволило разным образовательным учреждениям конкурировать наравне. До этого преобразования можно было выделить всего несколько школ-лидеров, брэндингом которых занимались директора.

Также важное изменение произошло в расширении функционала руководящего состава образовательного учреждения, в его функции стало входить: суметь правильно распорядиться ресурсами, заниматься формированием и профессиональным развитием персонала. Возросли возможности и ответственность руководителя за финансово-хозяйственную деятельность.

Не менее важно отметить, что система образования стала открытой и доступной для всех категорий граждан, что бесспорно оказывает влияние на уровень образованности.

Вследствие изменения демографической ситуации возникла необходимость увеличения или уменьшения числа школ и достижения большей эффективности за счёт объединения ресурсов. Среди выделенных путей реорганизации – создания образовательного комплекса с нуля, сохранения автономии, “зачистки” - замены действующего персонала новым профессиональным коллективом, наиболее оптимальным является объединение. Объединяются хозяйственные службы, педагогическо-воспитательный состав, методическое и административное управление. Выбор направления объединения индивидуален и зависит от цели слияния учебных заведений. Эти цели должны быть доведены в первую очередь до педагогического коллектива, а также до каждого родителя через комплексную работу по информированию.

У объединения много положительных аспектов, но для того чтобы эти эффекты были получены, необходимо справиться с решением большого количества неопределенностей и трудностей. В частности, объединение двух коллективов. У этого процесса есть свои минусы: стресс для педагогов и обучающихся, вынужденных иногда менять место работы и учебы, разрушение сложившихся традиций. В качестве положительных результатов можно выделить: у «слабой» школы появляется шанс получить модель эффективного управления, а у «сильной» - расширение образовательного пространства для реализации эффективных проектов; увеличивается экономически возможности содержания школ; обмен опытом среди педагогов и повышение их квалификации и в следствие повышенное качество образовательных структур.

Руководители объединяемых образовательных учреждений должны понимать, что они в ответе за принятие управленческих решений, направленных на выполнение государственного задания и развития образования в целом. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что преобразования в сфере образования оказало влияние на качество образования, на профессиональные требования к руководителям образовательных комплексов и на появление возможности оптимизации структуры управления школы.

Профессиональная идентичность бортпроводников

Васильева А.Д.
Научный руководитель – профессор, д.с.н. Болотин И.С.
МАИ, каф. СиУП
Sashavasilieva2794@mail.ru

При уровне и темпе современной жизни, развитии новых технологий, изменений условий труда и качества профессиональной подготовки особую актуальность приобретает тема – профессиональной идентичности бортпроводников. Проблема поиска своего «места в жизни и в профессии», принятие моделей и норм поведения, умение взаимодействовать с людьми, это все очень важно особенно для персонала, который работает в экстремальных условиях. Проблема исследования профессиональной идентичности связана с анализом факторов и условий труда, при котором позитивная идентичность поможет успешно и эффективно работать на разных этапах профессионального развития, как на этапе адаптации так и на этапе достижения профессионализма с учетом профессиональных деформаций.

В 2015 г. психологами кадровой службы Газпром авиа было проведено исследование профессиональной идентичности бортпроводников. Результаты, полученные в ходе исследования, помогают раскрыть личностный и профессиональный потенциал бортпроводника, повысить эффективность труда, выявить профессиональное выгорание. Данные результаты в дальнейшем можно использовать для разработки методических материалов при обучении молодых сотрудников.

Выявлены условия, которые влияют на профессиональный уровень развития. Позитивная идентичность достигается при: высоком уровне профессиональной подготовки; высоком уровне социального интеллекта; коммуникабельности, положительном отношении к людям, клиентам, коллегам; высоком уровне профессиональной мотивации; соблюдении требований данной профессии; стрессоустойчивости; хорошем физическом здоровье; эмоциональной устойчивости; обучаемости; ответственности.

Анализ профессии «бортпроводник» выявил конфликт видов ведущей деятельности, таких как обеспечение безопасности полета и авиасервиса. А также, профессия бортпроводник относится к группе риска, что в совокупности часто приводит к профессиональной деструкции. Эмоциональное состояние бортпроводников меняется в зависимости от времени работы. Сначала преобладает радость от полетов, спустя несколько лет работы начинает преобладать раздражение. Удовольствие сменяется разочарованием. Наступает хроническая усталость. Если большинство молодых людей привлекает к данной профессии романтика, то в последствии негативное влияние оказывает отсутствие выходных, ранние вылеты, работа «на износ». Тяжелый, опасный физический труд бортпроводника противоречит представлению об этой профессии как об легкомысленной, романтичной и легкой в обществе. Частые перелеты, перегрузки, смены климатических поясов, времен года влияют на здоровье бортпроводников. Несоответствие должностных обязанностей и действий бортпроводника, требующихся в ситуации на борту ВС, вопреки правил.

Все эти факторы, выявленные в результате исследования, оказывают противоречивое воздействие на авторитет этой специальности и нуждаются в специальном исследовании.

Применение Digital технологий в обучении специалистов авиационного персонала

Гасымова А.Ф.
Научный руководитель – ст. преподаватель Денисов А.М.
МТУ, каф. ОКР в органах гос. власти
aynura-gasymova@mail.ru

Для современного этапа развития организации и, соответственно ее персонала, характерно усиление роли цифрового обучения. Уже невозможно представить процесс преподавания без использования компьютера, интерактивных систем обучения и т.д.

Обучение в формате Digital представляет собой как осознанное применение цифровых ресурсов, так и решение об их ограниченном использовании. Обусловлено это тем, что до сих пор не до конца ясно, какое воздействие оказывает использование большого количества и объема цифровых технологий в процессе обучения.

Одним из средств цифрового обучения являются динамические веб-программы. Динамическая веб-программа - мультимедийный гипертекст, позволяющий включить в рамки онлайн курса огромное количество необходимой информации в разнообразных форматах (аудио ряд, аутентичное видео, эффекты анимации).

Именно эти технологии в настоящий момент активно используются при обучении специалистов авиационного персонала. Также разрабатываются и другие специальные программы, позволяющие изучать конструкцию самолета, функционирование его различных систем и т.д.

При этом обучение происходит в специально оборудованном классе. При отсутствии возможности использования реального воздушного судна, такие программы являются огромным преимуществом. Здесь стоит подчеркнуть, что Digital обучение это не всегда обучение полностью в цифровом формате без использования рабочих ситуаций, максимально приближенных к реальным условиям труда. Именно поэтому Digital технологии следует воспринимать как целый пласт форм обучения, в котором задействованы и M-learning, E-learning и многое другое.

Особую популярность, на мой взгляд, Digital технологии приобретают при подготовке специалистов службы авиационной безопасности, так как они позволяют отработать всевозможные внештатные ситуации, которые могут случиться на практике.

Кстати, в обучении авиационных специалистов (по большей части это пилоты), используются различные тренажеры, для которых разрабатываются программы, позволяющие в мельчайших деталях воссоздать цифровые модели различных аэропортов мира.

Подготовка пилотов на авиационных тренажёрах — один из важнейших способов обеспечения безопасной эксплуатации самолета. Она позволяет минимизировать негативное влияния человеческого фактора, то есть позволяет свести к минимуму возможность ошибочных действий экипажа воздушного судна. Актуальность тренажерной подготовки имеет устойчивую тенденцию к росту в связи с тем, что человеческий фактор продолжает оставаться основной причиной авиационных происшествий.

Таким образом, Digital технологии позволяют экономить время и затраты на обучение пилотов, отработку действий в экстренных ситуациях без каких либо затрат и потерь. Обучение с использованием Digital технологий позволяет повысить эффективность подготовки авиационных специалистов, максимально приблизить условия подготовки к реальным, что положительно сказывается на безопасности полетов.

Роль soft skills и hard skills в развитии карьеры

Давлетшина Ю.М.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Чуланова О.Л
СурГУ, каф. УП
yuliya_davletshina04@mail.ru

На сегодняшний день, темпы научно-технического прогресса таковы, что мир изменяется и преображается буквально на глазах. Так же ускоряется и социально-экономическое развитие, и чтобы поспевать за всеми изменениями, необходимо постоянно развивать компетенции, для того, чтобы успешно достигать поставленных целей, грамотно использовать навыки, знания и способности в профессиональной деятельности и быть достойным конкурентом на рынке труда.

Компетенция является характеристикой потенциального качества, позволяющая описать практически все элементы готовности персонала к эффективному труду в заданной ситуации на рабочем месте в трудовом коллективе.

Все компетенции делятся на две группы: hard skills («твердые» компетенции) и soft skills («мягкие» компетенции).

Вроде бы, для успешной работы, нужно обладать некоторым набором узкопрофессиональных навыков, которые специалисты называют «твердыми» компетенциями. Но практически всегда высокой оплаты и успешного карьерного роста добиваются не всегда самые лучшие в своей области специалисты, а наоборот, люди, которые обладают «мягкими» компетенциями.

Soft skills компетенции – это компетенции, которые сложно наглядно продемонстрировать, проверить и оценить. К ним относятся навыки управленческие и коммуникативные (умение проводить беседу, аргументировать свою точку зрения, задавать вопросы и использовать обратную связь) они необходимы для успешной работы в профессиональной деятельности. Чтобы компания успешно функционировала, необходимо развивать soft skills у сотрудников организации.[1-3]

Унифицированные навыки, т.е. soft skills, в отличие от hard skills, требуют последовательной проработки ситуаций, которые вынуждают человека принимать самостоятельные решения. Отсюда можно сделать вывод, что использование унифицированных навыков намного сложнее, чем профессионально владеть hard skills.

Hard skills – это способность выполнять определенные задачи, технические навыки, которые можно продемонстрировать наглядно. Hard skills — это все навыки, непосредственно связанные с той деятельностью, которой на данный момент занимается человек. Например, если сотрудник – программист, то для него hard skills (твердые компетенции) - это все то, что связано с программированием, а если человек работает на заводе, то hard skills навыки - это его техническая деятельность.

Важность компетенций нельзя оспорить, так как hard отвечает на вопрос «что» нужно делать, а soft — отвечает на вопрос «как» это можно сделать наилучшим образом. На принципе неразделимости hard и soft skills построена специфика обучения в бизнесе. Одни компании при наборе сотрудников делают ставку на soft skills, понимая, что человек, который может быстро обучаться, будет схватывать необходимые навыки налету. Другие же компании сначала акцентируют внимание на технических навыках, понимая, что soft skills человек сможет развить в процессе работы, выполняя задания и реализуя проекты.

Список использованной литературы

1. Чуланова, О. Л. Формирование, развитие и коучинг эмоциональной компетентности в управлении персоналом организации : монография / О. Л. Чуланова ; Сургут. гос. ун-т ХМАО-Югры. – Сургут : Дефис, 2010. – 218 с

2. Чуланова О.Л. Социально-психологические аспекты управления: эмоциональная компетентность руководителя в структуре soft skills (значение, подходы, методы диагностики и развития) // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №1 (2017) http://naukovedenie.ru/PDF/01EVN117.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

3. Чуланова О. Л., Ивонина А.И. Формирование soft-skills (мягких компетенций): подходы к интеграции российского и зарубежного опыта, классификация, операционализация / А.И. Ивонина, О. Л. Чуланова // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. 2017. №. 1 (28).

Грейдинговая система оплаты труда для высших образовательных учреждений ракетно-космической отрасли: необходимость и возможность использования

Давыдова Е.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Межова И.А.
СибГАУ, каф. ЭТУП
elena-davydova@bk.ru

Управление высшим образовательным учреждением ракетно-космической отрасли в современных условиях – один из самых сложных процессов. Помимо знания специфики научно-педагогической деятельности руководителю ВУЗа необходимы знания и навыки в области менеджмента. Основным звеном в процессе управления персоналом является мотивация. Именно мотивация повышает эффективность производительности труда и улучшение благосостояния работников ВУЗа. В связи с этим с целью совершенствования системы мотивации и стимулирования труда необходимо применять инновационные подходы.

За последние годы в России были произведены коренные изменения в области регулирования оплаты труда работников образования. Основным изменением в реформировании системы оплаты труда стал уход от единой тарифной сетки. Ломовцева Н.Н. в статье «Оценка тенденций и динамики заработной платы в сфере образования в условиях новой системы оплаты труда (2008-2014 годы)» выделила одну из главных задач в новых подходах оплаты труда - это внедрение стимулирующего фактора. Ломовцева Н.Н. пишет: «Образовательные учреждения должны формировать стимулирующий фонд для повышения качества и отдачи труда своих работников. Согласно такому подходу в бюджетную сферу стали внедряться рыночные методы стимулирования работников, которые должны их материально заинтересовать работать более результативно».

При этом Лордкипанидзе М.Г. в статье «Проблемы оплаты труда педагогических работников российских высших учебных заведений» отмечает, что «в настоящее время в российских ВУЗах, в том числе ракетно-космической отрасли, так и не был разработан эффективный механизм организации заработной платы, который создавал бы реальную связь между качественными результатами труда работников образования и размерами материального вознаграждения, экономически стимулировал бы повышение отдачи труда и заинтересовывал работника в повышении собственной квалификации».

При проведении анализа мотивационности заработной платы в одном из ВУЗов ракетно-космической отрасли были получены следующие результаты: 74% респондентов не удовлетворены размером оплаты своего труда. Кроме того 48,6% респондентов считают, что за последний год ситуация с оплатой труда ухудшилась. На вопрос: «Отметьте наиболее значимые на Ваш взгляд проблемы из нижеперечисленных вариантов ответов», 76,6% респондентов отметили, что наиболее обеспокоены уровнем оплаты труда, для 56,1% респондентов наиболее значимая проблема – материально-техническое обеспечение университета, 42,0% – обеспокоены системой мотивации. Система оплаты труда работников университета включает в себя размеры окладов (должностных окладов), компенсационных и стимулирующих выплат (доплат и надбавок стимулирующего характера, премий и иных поощрительных выплат). С одной стороны она предусматривает всевозможные поощрения, компенсации и другие выплаты, с другой стороны теряет свою ясность. Сотрудники университета не всегда могут понять и разобраться, что и за что им положено. Проблема заключается в огромном количестве информации, в которой иногда бывает трудно разобраться обычному человеку.

В качестве решения данной проблемы может быть предложена грейдинговая система, которая позволяет систематизировать должности и справедливо оценить труд любого работника организации.

Кадровое обеспечение предприятий аэрокосмической отрасли

Денишева Ю.Р., Щербакова М.А.
Научный руководитель – к.с.н. Воронина Н.Ф.
МАИ, каф. ЭСМ
scherbakova70@mail.ru

Аэрокосмическая отрасль промышленности оказывает большое влияние на определение авторитета и престижа России в мире. В современных условиях обеспечения кадрами, их уровень напрямую связан с качеством работы и развитием предприятий аэрокосмической отрасли, а, следовательно, связан с национальной безопасностью и требует постоянного повышения научно-технического уровня и конкурентоспособности разработок в аэрокосмической отрасли посредством совершенствования системы подготовки высококвалифицированных кадров, авиационного и ракетно-космического образования и популяризации авиакосмического направления подготовки в довузовском образовании.

Несмотря на существующую единую систему подготовки кадров для аэрокосмической отрасли в высших учебных заведениях, в которую входит и Московский авиационный институт, на базе которого осуществляется подготовка квалифицированных специалистов, способных решать актуальные научные, производственные и эксплуатационные задачи, связанные с аэрокосмической тематикой, присутствуют и проблемы кадрового обеспечения предприятий аэрокосмической отрасли. Их возможное решение во многом зависит от следующих аспектов:

– системы профессиональной ориентации молодежи;

– учета способностей и возможностей студентов в процессе их обучения, отношения к учебе и к будущей профессии;

– обеспечения мотивацией и дополнительным профессиональным образованием специалистов предприятий аэрокосмической отрасли и организации их профессионального развития в процессе трудовой деятельности.

МАИ обладает широкими связями с промышленностью и является одним из самых востребованных вузов страны в сфере подготовки специалистов для аэрокосмической отрасли, а также единственным университетом в России, осуществляющим подготовку кадров по всему жизненному циклу изделий авиационной, ракетной и космической техники от системного проектирования до реализации отдельных высокотехнологичных производств. Так в соответствии с программой развития МАИ на 2009-2018 гг., утвержденной приказом Минобрнауки РФ от 17 ноября 2009 года, в университете обеспечен системный подход к организации непрерывного цикла проведения научных исследований, интегрированных с непрерывной подготовкой кадров, что позволяет сконцентрировать материальные ресурсы МАИ на создании центров коллективного пользования, ресурсных центров, соответствующих базовым технологиям, и научно-образовательных центров, являющихся центрами генерации новых знаний и воспроизводства научно-педагогических кадров.

Таким образом, результативность решения проблем кадрового обеспечения предприятий аэрокосмической отрасли зависит от сформированной глобально-образовательной среды, которая представлена не только учебной, научной-технической, производственной и инновационной деятельностью, но и системой внеучебной социальной и профессионально-ориентационной работы, направленной на подготовку высококвалифицированных специалистов, которые гарантируют эффективное функционирование и подъем на новый уровень авиационной промышленности страны.

Использование современные технологии в управлении персоналом

Дудинских А.В., Фатихова Э.Р.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Федотова М.А.
МАИ, каф. УП
sommer.stasya@yandex.ru

На сегодняшний день успешная деятельность организации зависит от множества факторов как внешних, так и внутренних. Эффективность принятых управленческих решений, точность разработанных прогнозов и планов, добросовестное и качественное выполнение всеми сотрудниками своих обязанностей и многое другое составляют конкурентоспособное предприятие. Ни для кого ни секрет, что во главе каждой операции, каждого вида работ стоит персонал предприятия - один из важнейших его ресурсов. А потому одним из приорететных направлений деятельности организации является проведение эффективной кадровой политики, грамотное управление персоналом.

Специалистам по управлению персоналом, как и любым другим менеджерам, в своей деятельности приходится оперировать большим количеством информации, объемы которой увеличиваются из года в год. Для того чтобы имеющиеся данные были полезны и давали необходимый результат, их следует правильно обрабатывать, использовать и хранить. В этом менеджерам помогают современные технологии, виды которых постоянно увеличиваются и совершенствуется.

Современные технологии в сфере управления персоналом условно можно разделить на 3 основные группы:

- специализированное программное обеспечение для текущего учета и обработки информации о персонале;
- устройства и технологии, применяемые при подборе персонала, позволяющие провести его оценку, выявить необходимые качества, найти подходящего кандидата;
- технологии, связанные обобщением имеющейся информации, с её "обезличиванием", позволяющие использовать массив данных о сотрудниках, возможных кандидатах для достижения целей компании.

К первой группе принадлежат отдельные программы авторизации, то есть программные продукты, автоматизирующие отдельные функциональные задачи работника кадровой службы. К программам такого рода, как правило, относят программы кадрового учета, расчета заработной платы, аттестации, управления компенсационным пакетом, оценки, обучения, развития и мотивации. Такие программы на сегодняшний день используются довольно широко и заметно не только облегчают работу кадрового сотрудника, но и уменьшают вероятность его ошибки в обработке и анализе имеющейся информации.

Вторая группа включает в себя такие устройства как Полиграф, а также такие технологии как VR. Конечно, их использование в HR можно наблюдать не так часто. Но выше упомянутые технологии хороши в своей сфере. Они могут помочь в подборе «правильного» кандидата на должность, а также намного облегчить работу менеджера по управлению персоналом. Возможно, что за этими технологиями стоит будущее.

К последней, третьей группе можно отнести довольно молодую, постепенно внедряющуюся на предприятии Big Data. Big Data (Большие данные) – совокупность подходов, инструментов и методов обработки данных огромных объемов и значительного многообразия для получения воспринимаемых человеком результатов. В сфере управления персоналом она используется в двух направлениях: в подборе персонала и его управлении. Big Data – источник полезной информации. Однако без правильного анализа эта информация может и вовсе ничего в себе не нести. Нам еще только предстоит научиться максимально эффективно использовать результаты Больших Данных на практике.

В ближайшие несколько лет необходимо поставить цель на дальнейшее развитие всех перечисленных технологий, а также на освоение новых, заметно облегчающих работу HR-менеджера. Возможно сказать - развитие этих технологий существенно влияет на развитие направления Управления персоналом и содержание работы HR-менеджера.

Только так можно добиться прогресса в управлении персоналом, внедрить новшества при подборе и отборе кандидатов, а также обеспечить предприятия высококвалифицированным персоналом.

Организация подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров в организации

Ефремова О.А.
МАИ, каф. УП
efrem.o.a@yandex.ru

Организация подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров является одной из главных задач обеспечения любой организации необходимым квалифицированным персоналом, не зависимо от её организационной формы и внутренней структуры.

Современный опыт подготовки, переподготовки и повышения квалификации персонала авиационных предприятий говорит о важности наличия хорошо обученных и подготовленных кадров, о возможностях выработки ими новых функций и направлений в работе. Его польза постоянно возрастает в современных условиях развития экономики Российской Федерации под влиянием мирового финансового кризиса, возрастанием уровня конкуренции и развитием новых авиационных и информационных технологий. Этот факт помогает большинству российских организаций понять насколько необходима подготовка персонала к сегодняшним и завтрашним изменениям условий функционирования мировой авиационной системы, изменениям, происходящим в экономической политике Российской Федерации.

Кроме того, развитие персонала авиационных компаний и персонала вообще является стратегической функцией кадрового менеджмента. Цель которого - развитие интеллектуального потенциала сотрудника, обеспечение условий для достижения им высококачественной, эффективной производительности труда.

Часто результаты изучения организации подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров современного авиационного предприятия позволяют сделать выводы об отсутствии системности в обучении персонала. Система подбора персонала, как правило, несовершенна: не разработаны и не утверждены тестовые задания для кандидата, руководители часто опираются при приеме работников личностным отношением к кандидату. Так не выявляется потребность в обучении, нет плана обучения сотрудников. Из-за небольшого штата кадровой службы и возложением многих функций, дублирующих функции других подразделений, уделяется недостаточно внимания квалифицированной подготовке и переподготовке персонала. Как правило, в компаниях отсутствует система адаптации, и как элемент адаптации − наставничество. Наставничество помогает не только адаптироваться в новой организации, в новом коллективе и на новом рабочем месте, но и пройти обучение новым функциональным обязанностям. А последствия недостаточного внимания к этому серьезные.

Существуют и важные причины, мешающие обучению, подготовке и переподготовке кадров, которые свойственны не только авиационным предприятиям, но и всей системе социально-экономических отношений, сложившейся в нашем государстве. Например, такие, как коррупция при приеме на работу. Назначение на те, или иные должности слабо подготовленных в профессиональном и личностном плане сотрудников. Нежелание работников (особенно занимающих руководящие должности) повышать свой уровень квалификации, адекватно реагировать на вызовы современного мирового социально-политического устройства экономики и др.

Все это вызывает необходимость поиска современных путей организации подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров, полезность которых, их осмысленное применение позволяет снизить издержки обучения персонала, убрать ненужные потери времени, повысить эффективность обучаемого процесса.

Риск-менеджмент в управлении кадрами

Жданова Д.С., Краев В.М.
МАИ, каф. УП
dasha_fom@bk.ru

Одним из главных компонентов успешного развития кадровой системы предприятия в целом и построения оптимальной стратегии управления кадрами является система риск-менеджмента. Система риск-менеджмент – это система управления рисками с целью обеспечения баланса между получаемой прибылью и минимизацией убытков. Принцип работы риск-менеджента состоит в точном определении вероятных отклонений от плановых результатов и поиска различных путей минимизации финансовых потерь предприятия.

Управление персоналом как бизнес-процесс не только сталкивается с проявлением рисков в других бизнес-процессах предприятия, но сам является источником рисков. Эти риски в случае их реализации могут сильно снизить эффективность использования трудового потенциала организации, несмотря на индивидуальные высокие профессиональные возможности каждого работника.

Риск-менеджмент в области управления кадрами является в чистом виде операционным риском.

Операционный риск – один из самых распространенных видов риска, т.к. он сопровождает все бизнес-процессы, операции и системы предприятия [1].

При формировании фонда возмещения рисков можно применить различные подходы [2]. Каждый из них имеет свою методику расчета и требования к размеру фонда возмещений:

1. Базовый индикативный подход (Basic Indicator Approach – BIA) обладает наиболее простой моделью для расчета потерь.

2. Стандартизированный подход (The Standardized Approach - TSA) сегментирует вероятности рискового события по направлениям деятельности предприятия.

3. Продвинутый подход – (Advanced Measurement Approach - AMA) базируется на основе внутренней модели, включающей: внутренние данные по убыткам не менее чем за 3 года и внешние данные по убыткам; оценку внутренних факторов деловой среды и контроля; возможность минимизации риска).

Рассматривая подробнее продвинутый подход необходимо указать, что главным его преимуществом является точность и возможность существенного снижения потерь.

За последние годы продвинутый подход применялся в основном в финансовых организациях. По опыту внедрения этого подхода можно сделать вывод о целесообразности его внедрения в деятельность нефинансовых организаций, в т.ч. предприятий оборонно-промышленного комплекса.

Суть продвинутого подхода заключается в формировании 3-х линий защиты от риска: первая линия состоит в защите подразделений предприятия, вторая линия – это риск-менеджмент компании как центр управления операционным риском и третья линия защиты – это служба внутреннего контроля предприятия и внешний аудит [3]. Каждая из этих линий защит имеет свои задачи и ответственных за их выполнение.

В рамках внедрения инновационной системы управления операционным риском предлагается использовать именно подход AMA, так как именно он позволяет выработать механизмы существенного снижения потерь от операционных рисков.

Список использованной литературы

1. Миронова С.Ю. Модель оценки эффективности управления операционным риском // Банковское дело. 2014. № 9. С. 44-50.

2. Риск-менеджмент на предприятиях космической отрасли. Краев В.М., Тихонов А.И.// XLI Академические чтения по космонавтике посвященные памяти академика С.П. Королёва. 2017. Сборник тезисов докладов С. 162-163.

3. Риск-менеджмент и управление персоналом. Краев В.М., Тихонов А.И.// М.: Издательство МАИ. 2017. 48 с.

Конкурентоспособность авиационного предприятия и ее повышение за счет эффективной кадровой политики

Жданова Д.С., Просвирина Н.В., Фоменко В.Ю.
МАИ, каф. ЭИУП
victor_fom@bk.ru

В настоящее время необходимым условием выживания в конкурентной борьбе для предприятия авиационной промышленности стала его конкурентоспособность. Успешная, конкурентоспособная деятельность предприятия невозможна без стратегического и целостного подхода к эффективному управлению всеми имеющимися активами и, прежде всего, наиболее ценными из них – человеческим капиталом. В связи с резким возрастанием научного и практического интереса к данной проблеме, дальнейшее развитие и совершенствование методов и подходов к оценке персонала и роли человеческого фактора, как интеллектуального капитала организации, является одной из актуальных задач предприятий, производящих высокотехнологичную продукцию.

Сегодня, в условиях рыночной экономики, рынок высоких технологий находится в рамках жесткой конкурентной борьбы, что обуславливает медленный отход от иерархического управления к взаимоотношениям, базирующимся на экономических методах. Одним из основных факторов, влияющих на конкурентоспособность предприятия, является кадровая политика предприятия. Как показывают исследования последних лет, наиболее эффективные вложения – это инвестиции в человека. Это говорит о том, что необходимо использовать высокоэффективную комплексную систему организации труда и производства, способную обеспечить не только рациональное использование имеющихся экономических ресурсов, но и развитие производственного и трудового капитала. Необходимым условием выпуска конкурентоспособной продукции является наличие трудовых ресурсов, профессионально-квалификационный уровень которых отвечает современным требованиям рыночной экономики. Качество и количество выпускаемой продукции напрямую зависит от деятельности персонала предприятия. Кадровая политика определяет стратегию кадровой работы, необходима для обеспечения полного выполнения поставленных целей и задач персоналом в организации, определяет принципы подбора, отбора, адаптации, обучения, ротации, расстановки и профессионального и социального развития персонала. Конечной целью кадровой политики является создание сплоченного, ответственного, высокопроизводительного коллектива, способного решать любые поставленные цели и задачи, которые соответствуют миссии и стратегии организации.

Четко налаженная кадровая система позволяет авиационным предприятиям увеличивать свои возможности, оперативно реагировать на изменяющиеся требования рынка, создавать благоприятные условия труда, обеспечивать возможность продвижения по службе и необходимую степень уверенности в завтрашнем дне. Производитель, постоянно занятый совершенствованием деятельности своего предприятия, будет стремиться к поиску оптимальных стратегий дальнейшего развития и постепенно достигнет высокой конкурентоспособности своего предприятия. Теоретическое переосмысление кадровых процессов, разработка методологии формирования стратегии и тактики эффективного использования персонала авиационных предприятий позволит ему повысить свою конкурентоспособность как на внутреннем, так и на мировом рынке авиационной промышленности.

Таким образом, к числу важнейших проблем современного менеджмента можно отнести проблему построения эффективной кадровой политики предприятий, производящих высокотехнологичную продукцию, которая является актуальной и требует системного рассмотрения.

Список использованной литературы

1. Ковалева Ю.В. «Влияние кадровой политики на повышение конкурентоспособности наукоемкого предприятия: стратегический аспект» // Научное сообщество студентов: Междисциплинарные исследования: сб. ст. по мат. II междунар.

студ. науч.-практ. конф. № 3. URL: sibac.info/sites/default/files/conf/file/stud_3_2.pdf (дата обращения: 08.03.2017)

2. Просвирина Н.В., Тихонов А.И., Лазников Н.М. «Прогнозирование спроса на продукцию авиационного двигателестроения в условиях открытого конкурентного рынка» // Вооружение и экономика. 2016. № 4 (37). С. 128-135

3. Просвирина Н.В., Зеленцова Л.С., Тихонов А.И. «Управление предприятием авиационной промышленности с использованием концепции бережливого производства» // Московский экономический журнал. 2016. №2. С.6.

4. Тихонов А.И., Калачанов В.Д., Просвирина Н.В. «Повышение конкурентоустойчивости предприятий авиационного двигателестроения в современных экономических условиях» // Вестник Московского авиационного института. 2016. Т.23. №1. С. 218-225.

Проблемы качества кадрового аудита в управлении персоналом

Зайцева Н.А., Цховребова А.Ж.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Козлова Е.Г.
МГОУ, каф. УП
tskalena@mail.ru

Любая организация, независимо от ее размеров, форм собственности и видов деятельности сталкивается с проблемами в области управления персоналом. Особенно если организация применяет стратегию развития. Часто сотрудники служб управления персоналом и топ-менеджмент не всегда понимают и реально могут оценить потенциал и способность персонала компании достичь тех или иных результатов, поставленных перед организацией. В этих случаях требуется независимый и комплексный взгляд на действующую систему управления персоналом, для того чтобы понять, способна ли она и ее кадровый потенциал достичь поставленных перед организацией целей. Помочь решить эту проблему может аудит управления персоналом.

Аудит управления персоналом - это комплексное всестороннее исследование системы управления персоналом на уровне высшего руководства, службы управления персоналом и линейного руководства, включающее анализ и оценку кадрового потенциала, функций управления персоналом, организационной структуры и функционального разделения труда, эффективности системы управления персоналом, а также разработку рекомендаций по ее совершенствованию.

Достоверные данные аудиторской проверки способствует развитию организации, а также способствует возможности узнать сильные и слабые стороны каждого работника и использовать эту информацию для определения его индивидуальной карьеры и развития. Кроме того, позволит выявить людей с высоким потенциалом, которые после соответствующей подготовки будут готовы занять вакансии на управленческие должности с высокой вероятностью успеха. Именно поэтому исследования проблем качества аудиторской деятельности имеют такое же большое значение, как и сам аудит.

Одной из основных проблем является отсутствие практических рекомендаций, касающихся оценки кадрового потенциала предприятия. Лишь в немногих исследованиях по этому вопросу мы можем встретить конкретные предложения по использованию тех или иных показателей. Ко всему прочему необходимо иметь желаемые значения по каждой составляющей, что позволит сделать оценку персонала и устранить возможные недостатки для дальнейшего успешного функционирования.

Подытоживая вышеизложенное, хочется сказать, что аудиторская деятельность является комплексом определенных поэтапных мероприятий, суть которых заключается в постоянном наблюдении и совершенствовании, что необходимо для устранения имеющихся проблем.

Профессиональный отбор военных кадров на примере Президентского полка

Затолокина А.Р., Прохорова В.С., Чигиринова Е.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Федотова М.А.
МАИ, каф. УП
ms.nika.2703@gmail.com

В любое время такая специальность как управление персоналом в том или ином проявлении имело и имеет место в жизни общества, компании, организации и т.д. Задача работников данной направленности - эффективное использование способностей сотрудников в соответствии с целями организации. Немаловажным для любого предприятия является и отбор кадров. Данная процедура направлена на приобретение организацией сотрудников, не только соответствующих определённым стандартам, но и обладающих положительными моральными, психологическими и физическими качествами.

В ряде отраслей отбор кадров имеет свою специфику. Так, например, отбор кадров в аэрокосмической промышленности, ВПК и др. В работе исследованы особенности подбора кадров для элитного подразделения – Президентский полк.

Военная служба - особый вид федеральной государственной службы, исполняемой гражданами, не имеющими гражданства (подданства) иностранного государства, в Вооруженных Силах РФ и других войсках. Призыв на военную службу для молодых людей является обязательным по Законодательству РФ. Начинается все с профотбора, здесь он специфичен. Главная причина, по которой в настоящее время проводятся тесты на профпригодность в военкоматах – это получение информации о наличии необходимых для прохождения службы у кандидата желаний и личностно – формирующих свойств, чтобы обеспечить качественное комплектование Вооруженных сил.

Если в призывниках видят особенные качества, то им могут предложить проходить службу в элитных войсках. В частности, таким войском считается Президентский полк. Это и есть полк специального назначения, который был сформирован 8 апреля 1936 года. Ежегодно 7 мая в день части происходит представление Президентского полка Президенту РФ. Так как это элитные войска, то и профотбор здесь намного сложнее, чем в других родах войск.

Не только профотбор играет важную роль для ребят в несении службы, но своевременная профессиональная ориентация, мотивация и стимулирование активности молодых людей. В работе предложены, дополнительные способы замотивировать молодых защитников: проведение встреч и открытых уроков с военнослужащими, знакомство с различными подразделениями ВПК, посещение организаций и др.

Методы мотивационного регулирования численности персонала отечественного авиастроения

Зеленцов А.Б., Радько А.А.
МАИ, каф. УП
512kaf@mail.ru

Для успешного развития российской авиационной промышленности и повышения ее конкурентоспособности сегодня необходимо решить одну из важнейших задач – обеспечить квалифицированными кадрами в условиях, когда наблюдается значительное их старение, в отрасль неохотно идут молодые специалисты, разрушена система подготовки и повышения квалификации персонала. В этой связи одним из важнейших факторов конкурентоспособности отечественного авиастроения является высокоэффективное использование имеющегося кадрового потенциала, превращение профессиональной компетентности и ответственности персонала в конкурентное преимущество организации. Однако, учитывая неравномерность загрузки производственных мощностей авиационных заводов, когда производство то наращивается, то падает, возникает необходимость новых подходов к регулированию численности работающих.

С точки зрения теории человеческого капитала персонал рассматривается как реальный актив, что позволяет применить к его мотивации метод опционов. Смысл опциона в том, что работодатель резервирует для себя возможность совершить нужную операцию с активом не сейчас, а в будущем, по необходимым ценам. Эти цены у опционов называются страйки. Опцион – это контракт, который дает право, но не обязательство, купить или продать основной актив по заранее определенной цене и на заранее определенный срок. Это также юридический контракт с четкими правилами и условиями. В нашем случае – это будет опцион найма или опцион высвобождения. Опцион найма рассматривается как контракт с отложенной датой, который дает работодателю право, но не обязательство, купить на внешнем рынке труда рабочую силу, как будущий актив организации, по заранее определенной цене и на заранее определенный срок. Контракт с отложенной датой дает возможность приобрести специалиста нужной квалификации на будущее, но с нынешним уровнем заработной платы, или же – по повышенной ставке, но для этого необходимо создать депозитный резервный фонд оплаты труда.

При постепенном сворачивании бизнеса (высвобождении численности), целесообразно применить опцион высвобождения, который может иметь вид срочного договора с не фиксированной датой и приложенного к нему заявления об увольнении по собственному желанию с открытой датой, либо профессиональном перемещении по горизонтали). Опция высвобождения персонала представляет собой механизм реализации комплекса мероприятий, обеспечивающих соблюдение правовых норм, а также организационно-психологическую поддержку сотрудников при увольнении. В основе реализации опции высвобождения лежит проблема максимально возможного смягчения последствий такого высвобождения и соблюдения прав работников, связанных с: отбором подлежащих высвобождению; заблаговременным уведомлением; предоставлением условий для поиска новой работы; компенсационными выплатами; опережающей профессиональной подготовкой, переподготовкой и повышением квалификации; правом приема обратно; содействием в трудоустройстве; обязательствами по заключению с органами государственного страхования и страховыми фирмами договоров коллективного страхования рабочих и служащих на случай потери работы и др.

Современные и наиболее применяемые методы и технологии высвобождения работников, позволяющие обеспечить законность использования опциона высвобождения: метод открытого окна, метод селективного сокращения, методы психологического выдавливания, условное высвобождение работников.

Эффективность использования метода опциона должна быть гарантированно обеспечена созданием сбалансированной системой должностей и окладов.

Список использованной литературы

1. Просвирина Н.В., Тихонов А.И. «Управление человеческими ресурсами при внедрении принципов бережливого производства на предприятиях авиационного двигателестроения». Системы управления жизненным циклом изделий авиационной техники: актуальные проблемы, исследования, опыт внедрения и перспективы развития. Тезисы докладов V Международной научно-практической конференции. Изд.: Ульяновский государственный университет (Ульяновск), 2016.

2. Просвирина Н.В., Тихонов А.И. «Организация труда персонала в системе бережливого производства на предприятиях авиационного двигателестроения» // Климовские чтения-2016: перспективные направления развития авиадвигателестроения. Сборник докладов международной научно-технической конференции. Изд.: ООО «Скифия-принт» (Санкт-Петербург). 2016. С. 369-374.

3. Просвирина Н.В., Тихонов А.И., Лазников Н.М. «Прогнозирование спроса на продукцию авиационного двигателестроения в условиях открытого конкурентного рынка» // Вооружение и экономика. 2016. № 4 (37). С. 128-135

4. Просвирина Н.В., Зеленцова Л.С., Тихонов А.И. «Управление предприятием авиационной промышленности с использованием концепции бережливого производства» // Московский экономический журнал. 2016. №2. С.6.

Современные практики воспитания лидеров и профессиональных кадров

Зименков Д.Р.
МАИ, ТВРД
danilazimenkov@gmail.com

Стремительный рост инноваций и конкуренции на рынке требует все более жестких и высоких требований к молодым специалистам. В современном мире большой задачей для бизнеса является решение вопроса полноценной передачи знаний и опыта.

Если мы остановимся на достигнутых результатах и продолжим восхищаться советской школой, то это приведет к дополнительной стагнации опытных кадров. И для решения этой проблемы появилась тенденция создания новых образовательных практик, где наиболее выгодная синергия будет реализована за счет грамотной кооперации бизнеса, образовательных учреждений и научных центров. Бизнес займет доминирующую позицию и будет диктовать условия для университетов и школ. Бизнес будет выдвигать требования к качеству выпускаемых специалистов, и определять набор необходимых компетенций, которыми они должны обладать. Наука же будет черпать свои новые идеи за счет развития инновационной инфраструктуры, развития юридической базы и подготовки талантливых кадров.

Но кто же должен сделать первый шаг? И какие существуют современные методики подготовки молодых лидеров и талантливых специалистов?

Для начала ответим на первый вопрос. Необходимый толчок для развития кадров должен пойти от рынка в целом. Так как мы живем в быстроизменяющемся и многозадачном мире, где современные agile-методологии переходят на второй план и зачастую теряют свою актуальность. Давайте коротко оценим перспективы ближайших 10 лет. Беспилотный транспорт охватит крупнейшие города, альтернативная энергетика станет конкурентоспособной и выгоднее традиционной, дроны-доставщики станут основными помощниками в доставке мелкогабаритного груза, 3D-принтер станет основным инструментом для производства авиационных компонентов, а роботы будут производить продукцию качественнее, чем человек с тридцатилетним стажем.

Будущее, которое мы ждали, уже наступило, поэтому нужно оперативно менять свой подход, учитывая те вызовы, которые ставит перед нами рынок.

Теперь перейдем к методикам. Важное место имеет грамотное сочетание образовательного процесса с практикой. Причем образование и практика должны соответствовать той динамике, которая в большей степени присуща бизнесу. К примеру, метод кейсов. Компания-партнер дает группе студентов свой кейс. Студенты разбирают эту задачу и проводят тщательную аналитику рынка. После чего им необходимо задействовать свой творческий потенциал для поиска наиболее релевантного решения и грамотно преподнести свой обоснованный ответ и видение заказчику. Тем самым учащиеся уже задействованы в реальных задачах, решают проблемы, стоящие перед компаниями.

Но hard-skills еще не делают человека лидером. Отдельная практика состоит в искусственном создании для школьников или студентов реальных вызовов, где они выходят из зоны комфорта и двигаются максимально продуктивно. Как один из вариантов можно отметить вклад «Капитанов России» в создании движении лидеров нового поколения, где для студентов сформирована грамотная комбинация образования, военной и спортивной подготовки и создания, развития собственного бизнеса параллельно с учебой.

В качестве заключения хочу отметить, что изменения уже стали происходить в лучшую сторону. В России эта тенденция несколько отстает от Америки, Европы или Азии, но при этом мы более мобильны и быстрее впитываем информацию, не совершая ошибки иностранных коллег. Базис сформирован. Теперь нужно двигаться еще быстрее и не бояться ответственности.

Список использованной литературы

1. Тихонов А.И., Новиков С.В., Кулакова Д.С. Разработка инструментария управленческого мониторинга коммерциализации высокотехнологичных проектов. Московский экономический журнал. 2016. № 3. С. 37.

2. Семина А.П., Федотова М.А., Тихонов А.И. Обучение персонала в современных компаниях: проблемы и новые направления. Московский экономический журнал. 2016. № 3. С. 33.

3. Тихонов А.И., Федотова М.А., Силантьева Е.А. Основы организации труда на предприятиях аэрокосмической отрасли. Учебное пособие / Москва, 2017.

4. Loren Graham. Lonely Ideas: Can Russia Compete. The MIT Press / Cambridge, Massachusetts

Модель системы подготовки воздушных судов к полету

Ивашин Э.С., Малай А.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ипполитов С.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. ЭАО
S_Ippolitoff@mail.ru

Поддержание авиационной техники (АТ), средств ее эксплуатации и ремонта в постоянной исправности и готовности к применению является комплексной задачей. Техническое обслуживание средств технической эксплуатации, обеспечивающих постоянную готовность данных средств к применению, является одной из важнейших задач инженерно-авиационной службы. Выбор методов технического обслуживания, рациональное распределение сил и средств при выполнении оперативных видов работ на авиационной технике также является немаловажным в деятельности инженерно-технического состава, обслуживающего авиационную технику.

Решение задач по инженерно-авиационному обеспечению подготовки авиационной техники к полетам представляет собой сложный многомерный случайный процесс, характеризующийся неоднородностью его составляющих, их существенной взаимозависимостью, достижение целей которого возможно лишь при организации эффективного управления.

Для выполнения работ на АТ разрабатываются технологические графики, определяющие последовательность, продолжительность выполнения необходимых операций, а также требуемые силы и средства. В настоящее время применяются линейные и сетевые графики. К линейным графикам можно отнести последовательный, параллельный, параллельно-последовательный методы. Использование того или иного из них зависит от вида подготовки, особенностей базирования АТ, количества инженерно-технического состава, участвующего в подготовке, и выделяемых средств наземного обслуживания, от эксплуатационной технологичности воздушных судов. К основным достоинствам линейных графиков выполнения работ на АТ относятся простота его построения, наглядность. Однако недостатками являются невысокий коэффициент загрузки личного состава – от 0,2 при последовательном до 0,85 при параллельном методах, средств технического обслуживания, а также отсутствие учета случайных воздействий – вероятные отказы АТ, отсутствие личного состава, средств технического обслуживания.

Использование сетевого графика предполагает построение математической модели процесса выполнения работ на АТ. Сетевой график отображает логическую последовательность, взаимосвязь требуемых работ, при этом появляется возможность описания всех возможных состояний системы с учетом вероятности нахождения в этом состоянии. При этом возможность использования АТ по назначению будет определяться как функция готовности. Задачей оптимизации будет являться выбор такого варианта организации работ, при котором будет выполняться условие максимума значения данной функции.

Допуская, что процесс подготовки АТ к полетам является марковским, математическая модель процесса выполнения работ на АТ представляется в виде

множества возможных состояний системы, в которых она может находиться, и описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Решение предлагается выполнить операторным методом с применением элементов теории вложения систем. Из множества решений определяется оптимальное решение с точки зрения распределения сил и средств, а также заданных временных ограничений.

Эмоциональная компетентность специалиста аэрокосмической отрасли как ключевой элемент soft skills

Ивонина А.И.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Чуланова О.Л.
СурГУ, каф. УП
kike_norge@mail.ru

Современные условия развития технологий требуют от специалиста любой сферы множество компетенций. В настоящее время руководители крупных предприятий особое внимание уделяют так называемым «мягким» компетенциям персонала. В наукоемких отраслях экономики, к которым относится и аэрокосмическая отрасль, эта тенденция не так заметна, но и здесь она тоже проявляется.

Все компетенции принято подразделять на две группы: hard skills («жесткие» компетенции) и soft skills («мягкие» компетенции). К первой группе относятся компетенции, которые представляют собой набор технических и административных навыков. Другими словами, это профессиональные компетенции, которые приобретаются в процессе обучения. Они легко поддаются развитию, которое довольно просто отследить. Конечно, для специалистов аэрокосмических предприятий hard skills имеют первостепенное значение. Однако нельзя не уделять внимание и «мягким» компетенциям.

Soft skills – это универсальные компетенции, которые важны для специалиста любого уровня. Однако чем выше должность в организационной структуре компании, тем большую роль играют в профессиональной деятельности «мягкие» компетенции. Для руководителя высокий уровень развития soft skills является гарантией выработки эффективных управленческих решений и выбора правильного вектора развития компании, направления или проекта.

Существует множество моделей soft skills, среди которых можно отметить модель предпринимателя и бизнес-тренера В. Шипилова. Он выделяет четыре группы «мягких» компетенций: базовые коммуникативные навыки, навыки self-менеджмента, навыки эффективного мышления, управленческие навыки. Особое внимание необходимо уделить группе навыков self-менеджмента, к которым исследователь относит в том числе управление стрессом и эмоциями.

Исследователи лишь частично включают в модель soft skills эмоциональную компетентность, как это сделал В. Шипилов. Однако этот компонент имеет большое значение для специалистов аэрокосмической отрасли, т.к. он способен влиять на точность применения полученных в процессе обучения знаний и конечный результат деятельности.

Мы будем придерживаться определения О.Л. Чулановой, которая под эмоциональной компетентностью руководителя понимает «совокупность навыков руководителя, направленных на понимание собственных чувств и эмоций, а также чувств и эмоций сотрудников, и умение ими управлять, в соответствии с бизнес-ситуацией, с целью повышения эффективности организации в целом».

Согласно операционализации soft skills, разработанной авторами, к компонентам «мягких» компетенций можно отнести следующие группы: коммуникативные навыки, управленческие навыки, самоорганизационные навыки, мыслительные навыки и эмоциональные компетенции. Последняя группа подразумевает восприятие эмоций, контроль эмоций и управление эмоциями.

Для специалистов аэрокосмической отрасли, будь то проектировщик ракетных двигателей или специалист по эксплуатации космических орбитальных комплексов, важно не только обладать развитыми профессиональными компетенциями, но и владеть технологиями управления стрессом, уметь брать на себя ответственность и обладать

умением адекватно реагировать на критику. Именно эти компетенции относятся к группе эмоциональных компетенций. В случае их неразвитости у персонала профессиональные компетенции могут обесцениться. И, наоборот, в случае их высокого уровня развития эффект, получаемый за счет профессиональных компетенций, лишь возрастет.

Применение методов психофизиологии в сфере управления персоналом

Канчели Е.Д.
МАИ, каф. УП
katrin.17995@mail.ru

В организациях очень важным является формирование и поддержание высокоэффективного и надежного персонала. Сложность заключается в грамотном подборе новых сотрудников, правильной расстановке персонала и его оценке, адекватной мотивации и стимулировании, улучшении механизмов управления и многое другое. Недочеты могут приводить к уменьшению надежности сотрудников, что всегда влечет за собой негативные последствия.

Необходимо ясно представлять обязанности, которые работник должен исполнять, и подобрать критерии отбора, наиболее полно сформулировав качества работника, необходимые для конкретного вида деятельности. Критерии нужно формировать так, чтобы они как можно полнее характеризовали работника: накопленный опыт, физическое и психологическое здоровье, а также личностные качества. Так как одно и тоже психофизиологическое свойство может быть как достоинством, так и не иметь особой ценности, в зависимости от типа деятельности. А значит выявить способности каждого претендента на работу – основная задача психофизиологического тестирования.

Психофизиология – наука экспериментальная, поэтому важно применять адекватные методы исследования. В основе психической деятельности каждого человека лежат нейрофизиологические процессы. А значит физиологические показатели, за счет своей объективности, могут служить надежными элементами, используемыми для описания изучаемого поведения.

Методы, используемые в психофизиологии профессиональной деятельности, подразделяются на три основные группы:

1.оценка функционирования анализаторных систем, включающих в себя тесты определения порогов чувствительности, оценку мигания, запись движения глаз с помощью видео фиксации и другие;

2.оценка исполнительных механизмов деятельности, включающих в себя анализ речи и двигательных операций человека;

3.комплексный анализ психофизиологического состояния работника, раскрывающий адаптационные возможности организма испытуемого.

Все методы получения психофизиологической информации имеют как достоинства, так и недостатки. Например, популярные технологии диагностики не обладают высокой точностью и объективностью, в силу недостаточной искренности работника, его желании выставить себя в лучшем свете для получения или сохранения определенной должности, а также его психоэмоционального состояния в момент проведения процедуры. Поэтому использование нескольких методов одновременно дает возможность получить наиболее достоверные результаты. Помимо этого, очень многое зависит от квалификации и профессионализма специалиста, проводящего диагностику и его грамотной расшифровки полученных данных. Ведь его выводы – это основа последующих управленческих решений в организации.

В связи с этим, появляется естественная потребность в подготовке компетентных специалистов в сфере управления персоналом, умеющих эффективно использовать психофизиологические методы в своей работе. С целью повышения точности и достоверности получаемой в ходе диагностики информации, необходимо совершенствовать методы ее оценки, учитывая передовые разработки мировых специалистов в этой области.

На данный момент, в России многие крупные компании стремятся повышать эффективность работающего у них персонала и вводят методы психодиагностики в свою повседневную практику. И хоть многие технологии являются достаточно затратными, эти вложения окупятся повышенной надежностью работников.

Моббинг как фактор эмоционального давления на персонал на примере российских авиакомпаний

Кашина Е.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Денисов А.М.
МТУ, каф. ОКР в органах гос. власти
lenaege2014@mail.ru

Для многих российских компаний моббинг на рабочем месте это не новое явление. Эксперты в рамках этой проблематики отмечают, что в управленческом лексиконе этот термин используется достаточно часто, более того, зарубежная и отечественная практика располагает статистической базой, доказывающей актуальность тематики.

Моббинг представляет собой коллективный психологический террор, травлю в отношении работников со стороны их коллег, подчиненных или начальства, осуществляемых с целью заставить покинуть своё место работы.

Причины моббинга варьируются от желания отомстить до жажды власти, от рутинной скуки до личной неприязни. Это свидетельствует о том, что жертвой моббинга может стать любой сотрудник вне зависимости от сферы деятельности или своего статуса в организации. Потенциально опасной ситуацией является приход в сформировавшийся коллектив нового сотрудника.

Как уже упоминалось выше, моббинг может возникнуть в любой трудовой деятельности: от офисного террора до травли в авиационной индустрии. Подтверждением психологического прессинга в авиационной промышленности является пример произошедший в авиакомпании «Аэрофлот». В связи с дефицитом собственных пилотов Российская Федерация в 2014 году разрешила прием на работу в свои авиакомпании пилотов-иностранцев. В рамках этих изменений первым пилотом-иностранцем стал немец Клаус Дитер Рольфс.

В начале своей карьеры уже на российской воздушном пространстве он утверждал: «У России хорошие перспективы в качестве рынка авиаперевозок, а работа пилота высоко востребована и высоко ценится», «…условия работы отличные, лучше, чем в другой авиакомпании мира». Спустя полгода Рольфс написал заявление по собственному желанию, а в качестве причины указал: «Это противодействие со стороны коллег, членов независимых профсоюзных организаций», «…они просто устроили «травлю», постоянно писали необоснованные доносы, которые после проверок не подтверждались».

Не смотря на то, что моббинг, как правило, не предусматривает физического насилия, а возможные угрозы физической расправы носят характер запугивания, его последствия сказываются в первую очередь на здоровье и психическом состоянии человека. Большую роль в этом аспекте играет жесткость, периодичность и длительность подобного воздействия и от того, насколько человек психологически неустойчив. У многих работников, которые стали жертвой моббинга, настолько сильно подрывается здоровье, что они больше не имеют возможности выполнять свои служебные обязанности, что в условиях рассматриваемой отрасли может привезти к угрозе безопасности пассажиров и катастрофическим последствиям.

Вопреки значительному интересу к обозначенной проблеме, методы и механизмы профилактики и предотвращения моббинга в организации унифицированы. В России исследования, посвященные несправедливому обращению с работниками достаточно редки, а проблема влияния моббинга на персонал практически не рассматривались. В то же время, используя международный опыт можно не только бороться с проявлениями моббинга в коллективе, но и предотвращать его появление на стадии зарождения конфликтного взаимодействия.

Оценка кадрового потенциала организации: методический подход

Киселева В.К., Пчелко А.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Козлова Е.Г.
МГОУ, каф. УП
oksanavika230@mail.ru

Как правило, ни одно предприятие в любой отрасли не может функционировать без персонала, который будет выполнять свою работу на благо организации. Именно персонал или, по-другому человеческие ресурсы на сегодняшний день один из главных и ведущих ресурсов любого предприятия. Но мало просто наличие персонала, необходимо, чтобы эти кадры эффективно функционировали. Немаловажным является то, какими качествами, умениями и способностями обладают эти кадры, готовы ли они развиваться, реализовывать навыки. Во всем этом достаточно важную роль играет и само предприятие, где трудятся эти кадры.

Тема, затронутая нами, является актуальной на сегодняшний день в связи с тем, что обществу характерно свойство как изменение, обновление. Исходя из этого, организациям нужно учитывать этот факт для правильной оценки персонала и кадрового потенциала. Сущность кадрового потенциала отражает качественную и частично количественную характеристики трудового потенциала работников организации. Необходимо применять правильный метод при оценке кадрового потенциала, так как появляется возможность проанализировать ситуацию и понять, какие меры нужно предпринять для роста и продвижения организации. К примеру, обучение персонала является одним из важнейших инструментов, который позволяет руководству организации получать возможность повышать уровень кадрового потенциала сотрудников и оказывать влияние на формирование организационной культуры.

Благодаря правильной оценке кадрового потенциала компания может повысить свою конкурентоспособность, эффективность работы в целом, занять лидирующее место на рынке. Именно поэтому мы решили выяснить, какие же методы нужно использовать для правильной оценки кадрового потенциала организации и как его развивать.

Влияние управления персоналом аэрокосмической отрасли

Климашева А.В.
Научный руководитель – доцент, к.ф.н. Сорокина Н.Д.
МАИ, каф. УП
Stuu88@mail.ru

В декабре 2016 года Роскосмос провел «Форум HR-технологий и кадрового обеспечения ракетно-космической отрасли». Основной темой мероприятия стала эффективность служб управления персоналом.

Управление персоналом является одним из главных аспектов в аэрокосмической отрасли, ведь от того, насколько грамотно подобран персонал, насколько высоки его квалификация, уровень адаптации, удовлетворенность условиями труда зависит результативность деятельности отрасли в целом, отдельных его организаций.

В 2016 году Госкорпорация «РОСКОСМОС» начинала набор кандидатов в единый отраслевой кадровый резерв для формирования пула высокоэффективных сотрудников с целью последующего назначения на руководящие должности. Правление РОСКОСМОСА утвердило политику в области формирования и развития кадрового резерва, в соответствии с которой последний состоит из двух уровней: отраслевой кадровый резерв госкорпорации и внутренний кадровый резерв предприятий. Отраслевой кадровый резерв формируется для последующего назначения на должности генеральных директоров, заместителей генеральных директоров, генеральных/главных конструкторов. Кандидаты на другие должности находятся в кадровом резерве предприятий [3].

Грамотный подбор квалифицированного персонала необходим особенно тогда, когда речь идет о государственных корпорациях такого уровня и масштаба, как Роскосмос. Важным также является управление конфликтами на предприятиях, ведь от

наличия и характера конфликтов зависит психологический климат в организации и его работа в целом.

Влияние конфликта на развитие организации зависит в свою очередь от грамотного управления конфликтными ситуациями. Не зависимо от природы организационного конфликта, руководству необходимо умение его анализировать, понимать и управлять им. Иначе, если он станет не управляем, то вероятность деструктивных последствий может привести к деградации коллектива.

Поскольку на руководителе лежит обязанность разрешать конфликты, управлять конфликтными ситуациями, он должен обладать конфликтологической компетентностью. В понятие конфликтологической компетентности руководителя входит не только способность в реальном конфликте осуществлять деятельность, направленную на минимизацию деструктивных форм конфликта, но и обязанность своевременно разрешать проблемы, возникающие в области трудовых отношений.

Для того, чтобы грамотно управлять конфликтными ситуациями и конструктивно их разрешать, необходимо вовремя распознавать их наступление, т.е. на ранней стадии, когда возникает некая проблема, противоречие, в дальнейшем приводящая к конфликту [1].

Так же, очень много зависит от лояльности персонала, которая достигается, во многом, благодаря грамотной работе руководителя. На форуме Роскосмоса по вопросам кадрового развития ракетно-космической отрасли, исполнительный директор по персоналу и социальной политике Госкорпорации «РОСКОСМОС» Алла ВУЧКОВИЧ отметила: «Очень важно формировать кадровую политику в соответствии со стратегическими задачами отрасли и предприятий. Только при таком подходе мы можем говорить об эффективности служб управления персоналом» [2]. Но без лояльности, задачи предприятий не могут стать задачами работника.

Именно поэтому, следует уделять большое внимание развитию кадровой политики в РКО, поскольку от организации работы персонала зависит работа как отдельных предприятий, так и всей отрасли. Сейчас в аэрокосмической отрасли разрабатываются новые стандарты, выстраиваются новые бизнес-процессы. Это колоссальные изменения, внедрение которых напрямую зависит от правильно выстроенной системы управления персоналом [2].

Список использованной литературы

1. Сорокина Н.Д. Конфликтология: Учебное пособие. - М.: ИТЦ МАТИ, 2012 – 208с.

2. Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.roscosmos.ru/23020/ (дата обращения 04.03.2017)

3. ФГУП Центральный Научно-Исследовательский Институт Машиностроения [Электронный ресурс].-Режим доступа: http://tsniimash.ru/press-center/company_news/5140/ (дата обращения 04.03.2017)

Специфика синдрома эмоционального «выгорания» у работников с различным профессиональным стажем

Коновалова В.Г., Цыганова Н.А.
МАИ, каф. УП
tziganova.n@yandex.ru

Данная тема актуальна как для рядовых сотрудников, так и для управленцев. В крупных компаниях серьезная ответственность лежит на каждом сотруднике, и из-за этого работник боится ошибиться, испытывает страх перед наказанием за ошибку, что влечет за собой увеличение вероятности появления синдрома «выгорания». У сотрудника, занимаемого управленческую должность, ответственность повышается в несколько раз, так как он отвечает не только за себя, но и за своих подчиненных.

«Выгорание» - это реакция работника на стрессы, появляющиеся в результате большого перегруза на работе. Ориентация на результат, плохо организованное

взаимодействие с коллективом, профессиональные и организационные стрессы, однообразие повторяющихся действий, напряженный ритм работы, отсутствие мотивации и поощрений, нечеткая постановка задач ведет к потере времени на решение проблемы, то есть к снижению эффективности работы (переутомление, душевное не спокойствие являются причинами СЭВ). Только сам работник может побороть синдром «эмоционального» выгорания. Как уже известно, СЭВ влечет за собой большие физические нагрузки – усталость, утомление, истощение и другое. Причиной может служить отсутствие мотивации, потеря «себя», как индивидуальную личность и отсутствие полноценного результата работы.

Специалисту по управлению персоналом следует стараться рассчитывать и обдуманно распределять нагрузку среди работников, давать им больше возможностей для переключения с одного вида деятельности на другой, организовывать место для отдыха сотрудника, стараться предупреждать конфликты на работе, четко разъяснять сотрудникам поставленные задачи для того чтобы предупредить синдром эмоционального выгорания у работника организации.

Сотруднику необходимо понимать, что он не должен быть лучшим всегда везде и во всем, ему необходимо просто поверить в себя, найти время для отдыха, пересмотреть свои жизненные ценности, а именно краткосрочные и долгосрочные планы; поверить в свою значимость, перестать критиковать себя; по возможности стараться избегать ненужных конфликтов и излишней конкуренции; переключаться с одной активности на другую; обдуманно рассчитывать и распределять нагрузки в свое рабочее время.

В заключение хотелось бы отметить, что для того, чтобы сотрудник не страдал синдромом эмоционального выгорания необходимо каждый месяц проводить постановку целей каждому сотруднику, краткосрочных и долгосрочных, что позволяет повысить степень самомотивации; периодически отдыхать от работы в специально отведенном месте (например, комната отдыха), не пропускать обеденный перерыв, соблюдать график работы; постоянно самообразовываться и самосовершенствоваться, развивать свои навыки и умения, приумножать знания (чтение специальной литературы, общение с коллегами-профессионалами, посещение тренингов и вебинаров, лекций и семинаров); общаться с коллегами, заниматься спортом и любимым делом (хобби), больше проводить времени с семьей.

Синдром эмоционального выгорания имеет и положительное влияние на сотрудника. Появление синдрома помогает понять, где стоит сделать остановку, что необходимо изменить. Однако не стоит доводить до такого состояния, так как это влечет за собой снижение эффективности деятельности организации на данном участке работы в целом. Для предотвращения синдрома необходимо правильно распределять свое время, т.е. отдыхать на выходных, не брать работу на дом, уходить вовремя в отпуск, просить отгул, если необходимо, т.е. изменять свой вид деятельности.

Управление талантами как технология работы с кадровым резервом

Коростелева Д.А.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Чуланова О.Л.
СурГУ, каф. УП
frau_dark@mail.ru

Как известно кадровый резерв – группа специально обученных руководителей и молодых специалистов, прошедших специальное обучение, обладающих способностью к управленческой деятельности, а также рядом компетенций необходимых для занятия определенной должности.[1,2]

Данная кадровая технология не является чем-то новым для российских организаций. Тем не менее постоянно меняющаяся внешняя среда организации, факторы изменения которой невозможно не учитывать, подталкивают организацию к внутренним изменениям. Прежде всего это касается управления персоналом на предприятии, и технологий с помощью которых выстраивается система управления персоналом. Главная тенденция современно российского кадрового менеджмента – это не изобретение новых

инструментов управления, а их развитие. Так, мы предлагаем внести в кадровую технологию формирования кадрового резерва элементы такой инновационной технологии управления персоналом, как управление талантами (Talent Management).

Управление талантами это попытка спрогнозировать, какие человеческие ресурсы понадобятся компании, и создать условия для их своевременного привлечения. Преимущество использования процесса оценки талантов в том, что он помогает представить имеющийся у вас кадровый резерв, выявить недостающие звенья и спланировать дальнейшие действия. Процесс оценки талантов можно представить в виде системы аттестации «звезд», т.е. лидеров организации. Для данной системы характерными чертами является периодичность и последовательность. Главные цели оценки талантов: оценить качество управления руководителей; спланировать работу с кадровым посредством прогнозирования карьерного роста резервиста.

Можно говорить, что преимущество технологии оценки талантов состоит в ее последовательности и дисциплинированном исполнении. Используя такой инструмент как матрица производительности и потенциала и несколько определений потенциала работника, который приняты в вашей организации, возможно выявить таланты и принять наилучшее решение о том, как их находить, оценивать и мотивировать.

Главная цель процесса оценки талантов – достоверно предсказать, кто из сотрудников имеет карьерные перспективы и со временем станет преемником. Чем эффективнее компания выполнит эту задачу, тем вероятнее, что достойные кадры окажутся в определенное время на нужном месте. Таким образом, применение системы управления талантами в организации повысит конкурентоспособность компании, так как именно лучшие кадры окажутся на стратегически важных должностях.

Делая вывод, мы можем сказать, что оценка талантов и процесс планирования кадрового резерва с помощью технологии управления талантами определяют простые инструменты, обратная связь с резервистами и строгий контроль исполнения. Данный метод исключает лишнюю бумажную работу и длительную подготовку. Через рациональный, регулярный и открытый процесс оценки талантов, который охватывает каждого управленца в организации, этот метод ускоряет формирование лидеров и, обеспечивает успех компании.

Список использованной литературы

1. Чуланова, О. Л. Управление персоналом на основе компетенций : монография / О. Л. Чуланова. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 122 с. (+ Доп. мат. znanium.com. – Научная мысль). – 9,93 п. л.

2. Чуланова О.Л. Компетентностный подход в работе с персоналом: теория, методология, практика: монография / Чуланова О.Л. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 292 с.: 60х90 1/16. - (Научная мысль) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-011696-9

Исследование трудоустройства выпускников МАТИ-РГТУ им. Циолковского по специальности «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»

Кострыгина А.А., Печко А.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Кузьминский А.Е.
МАИ, каф. СУП
anna.pe4ko@gmail.com

В настоящий момент наше государство испытывает нехватку кадров в технических и технологических отраслях, по этой причине выделяется больше средств на увеличение бюджетных и льготных мест на данные специальности, одной из таких является «Проектирование авиационных и ракетных двигателей». Поэтому для детального изучения было решено провести исследование для выявления проблематики трудоустройства инженеров-технологов авиастроения и ракетостроения, так как существуют факторы, которые отрицательно влияют на желание работать и профессионально реализоваться в дальнейшем в данной сфере деятельности. В этой работе представлено исследование на основе опроса выпускников 2008-2009 года МАТИ-

РГТУ им. Циолковского по специальности «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» и его дальнейшего анализа.

Целью данной работы является изучение проблемы трудоустройства выпускников аэрокосмических ВУЗов.

Для выявления проблемы были поставлены задачи: составление анкеты, проведение опроса выпускников МАТИ 2008-2009 года, анализ полученных результатов, подведение итогов, составление рекомендаций.

После составления вопросов был проведен анонимный опрос выпускников. Анкета была составлена из 5 вопросов. Анализируя ответы выпускников, были получены следующие результаты:

Опрос проводился в группе из 10 человек, 60% из которых женщины, а оставшиеся 40%-мужчины.

Возрастная категория опрошенных была такова: 30%-30 лет, 60%-31 год, 10%-35 лет.

В вопросе «Кто повлиял на выбор вашей специальности в ВУЗе?» 20% респондентов приняли решение о выборе специальности самостоятельно, на 70% выпускников повлияла семья, а 1 респондент воспользовался советом друзей при выборе направления обучения.

Отвечая на вопрос «Работаете ли Вы по специальности?» ответ «да» указали 30%,а «нет» 70% опрошенных.

Для респондентов, которые ответили на предыдущий вопрос отрицательно, был задан еще один дополнительный: «Если нет, то почему?» 50% указали низкую заработную плату, 10% решили, что это связано с отсутствием желания работать в данной сфере и еще 10% указали другую причину: «домохозяйка».

На вопрос, «В какой сфере Вы работаете на данный момент?» 40% отметили сферу продаж, 10% задействованы в политической сфере, а остальные 50% указали вариант «другое»: 3 человека работают в технологической сфере, 1 в авиационной и еще 1 опрошенный в правовой.

На заключительный вопрос «Как Вы считаете, будет ли эта специальность актуальна?» 80% выпускников ответили на вопрос положительно, а оставшиеся 20% считают, что данная сфера в дальнейшем не будет актуальна.

После проведения исследования были сделаны соответствующие выводы и составлены рекомендации. Из полученных результатов, можно сделать заключение о том, что большая доля опрошенных не трудоустроилась по специальности, которая была выбрана для обучения в ВУЗе. Это связано с тем, что при выборе профиля обучения на большинство было оказано влияние со стороны, а при трудоустройстве основной причиной стала низкая заработная плата. Связи с этим большинство выпускников работает в совершенно разных сферах деятельности, которые не связаны с полученным ими образованием. Также было отмечено, что респонденты считают, что в дальнейшем такой профиль, как «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» станет актуальным. По полученным данным были разработаны следующие рекомендации для будущих студентов в аэрокосмической сфере: при выборе специальности, необходимо подробно ее изучить, чтобы иметь о ней общее представление, также необходимо принять решение самостоятельно, исходя из своих собственных интересов и ожиданий от будущей профессии; в процессе обучения нужно контактировать с потенциальными работодателями; изучать рынок труда и ситуацию на нем, просматривать интересующие вакансии; принимать участие в ярмарках вакансий; рассматривать альтернативные варианты трудоустройства.

Рынок образовательных услуг как часть системы профориентации наукоемких технологичных областей

Кощеева Е.О., Федотова М.А.
МГУПС, каф. ИТ
kate1994@list.ru

Инновационная модель развития экономики предполагает системное внедрение достижений науки в промышленность и реальный сектор экономики, активизацию инновационной деятельности предприятий и организаций. Эффективность организации состоит в том, что ее результат повышается при росте масштабов сети. В модели «тройной спирали» Генри Ицковица наличие сети подразумевает необходимость преобразования в инновационном развитии функций государства, университетов и фирм.

Растущая популярность данной модели в различных странах мира, в т.ч. в условиях глобального кризиса, объясняется тем, что она предлагает новый механизм достижения согласия, способный обеспечить саморазвитие сложных сетевых систем. При использовании модели происходит замена традиционного процесса обучения в университетах в сложные образовательные, исследовательские и научно-производственные комплексы. Исследовательский вуз как инновационная единица более конкурентоспособен, более мобилен и обладает нелинейным мышлением.

При дополнительном взаимодействии образовательных комплексов в модель «тройной спирали» открываются новые возможности. Одним из наиболее перспективным направлением развития является создание технопарка, то есть специальной площадки для развития будущих кадров в наукоемких технологичных областях. Существует успешный опыт создания технопарков при промышленных предприятиях. В процессе реструктуризации производств крупный бизнес создает целые кластеры малых и средних компаний, которые используют инфраструктуру основного предприятия и сосуществуют с ним в рамках симбиоза.

Детские технопарки - это площадки, оснащенные высокотехнологичным оборудованием, нацеленные на подготовку новых высококвалифицированных инженерных кадров, разработку, тестирование и внедрение инновационных технологий и идей. Интеллектуальный досуговый центр (ИДЦ) «Игры разума» является структурным подразделением малого инновационного предприятия ООО «Центр консалтинга в инновационной сфере», созданный при МГУПС (МИИТ), начал свою образовательную деятельность в технопарке «Нагатино».

Методика проведения занятий с детьми, разработанная в ИДЦ «Игры разума», позволяет компенсировать эти серьезные проблемы, так как разработана в рамках проекта концепции развития технологического образования в системе общего образования Российской Федерации.

Педагогика постепенно включила игру в арсенал образовательных средств и попыталась ее заставить решать образовательные задачи. Обучать, развивать и воспитывать с радостью - давняя мечта педагогов. В деле обучения и когнитивного развития личности ребенка особую значимость имели всегда игры, связанные с проявлениями исследовательского поведения. В игровой форме, на основе уникальных методик, с использованием оригинального отечественного конструктора и современного программно-технического комплекса дети, начиная со старшего дошкольного возраста и в период обучения в начальной школе, осваивают все компетенции (знания, умения и навыки) для успешной профориентации в наукоемких технологичных областях.

Психологические методы отбора и найма авиационного персонала

Лавская К.К.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Иванова М.О.
СПбГУ ГА, каф. ИУП
kristinalavskaya@yandex.ru

Система управления персоналом подразумевает постоянное совершенствование специальных процедур и методов, касающихся работы с сотрудниками предприятия. В настоящее время кадровая служба предприятий воздушного транспорта направлена на поиск эффективных методов управления процессом труда. Опытные кадровики знают, что подбор кадров представляет собой долгий путь, успех которого во многом зависит от высокой квалификации специалиста по управлению персоналом. Рассмотрим самые популярные психологические методы при отборе и найме авиационного персонала.

Анкетирование. Представляет собой комплекс вопросов, на основании которых можно определить, насколько кандидат соответствует требованиям. Анализируя анкету, кадровик может судить о грамотности кандидата, умении излагать свои мысли и т.п. Если анкета заполнялась собственноручно, то появляется возможность провести графологический анализ почерка. Единой формы анкет не существует, поэтому она всегда является собственной разработкой предприятия. Для упрощения процесса оформления нового сотрудника, анкету можно составить таким образом, чтобы она служила своеобразным справочником, предоставляющим всю необходимую информацию, которая может понадобиться.

Тестирование. С психологической точки зрения тесты могут быть различны. В период отбора кандидата он может быть протестирован по своим индивидуальным качествам (определение характера, склонностей, способности к запоминанию и т.п.). Следует помнить, что тестирование будет различаться в зависимости от вакансии. Профессиональное тестирование чаще всего осуществляется онлайн. Если набор вопросов и заданий был взят из какого-либо источника, а не разработан в самом предприятии, то есть риск того, что кандидат уже сталкивался с таким тестом и знает, как необходимо отвечать на поставленные вопросы. Чтобы исключить такую возможность, чаще всего в тестирование включают ситуационные вопросы для проверки реакции кандидата. То есть предлагаются реальные ситуации из трудовой деятельности, с которой предстоит столкнуться кандидату в случае принятия его на работу. Существенным недостатком тестирования является необходимость интерпретации результатов с помощью психолога, имеющего достаточную квалификацию.

Собеседование. Менеджер по персоналу получает возможность лично познакомиться с потенциальным кандидатом, оценить поведение и способы контактирования. Во время беседы появляется возможность увидеть целостную личность потенциального работника. Происходит оценка поведения (как кандидат реагирует на определенные вопросы; какие невербальные способы общения использует; умеет ли выгодно себя преподнести и т.п.). Если менеджер по персоналу проводит собеседование совместно с помощниками, то это представляет собой дополнительную психологическую нагрузку на кандидата. Собеседование сразу с несколькими представителями компании будет восприниматься более трудным, но зато дает возможность проверить стрессоустойчивость и самообладание претендента.

Способность находить и нанимать на работу персонал, который был бы заинтересован в труде, способный к развитию и положительно влияющий на состояние предприятия – является талантом. Психология является лишь частью тех необходимых знаний, которые помогают сделать процесс поиска новых сотрудников эффективным.

Мотивация персонала в аэрокосмической отрасли

Лепихова А.И.
Научный руководитель – профессор, д.с.н. Болотин И.С.
МАИ каф. СУП
kleopatra.l@bk.ru

Мотивация персонала в аэрокосмической отрасли – это стимулирование сотрудников для достижения определенной цели. Мотивация сотрудников служит главным средством снабжения рационального применения ресурсов. Поднимает качество работы служащих в учреждении.

Мотивация бывает материальная, социальная и психологическая.

Самой высокоэффективной системой стимулирования трудовой деятельности является материальная мотивация. Она построена по принципу вознаграждения трудящихся с помощью денежных единиц. Туда входят отчисления в пенсионные и социальные фонды, доплаты, премии, повышение заработной платы, оплачиваемый отпуск, оплата больничного листа.

Такие виды материального стимулирования, как оплата отпуска и выплата при временной утрате работоспособности предписаны на законодательном уровне Российской Федерации.

Но в материальной мотивации важно учитывать и риски. Слишком частое и большое количество поощрений, даже если они грамотно спланированы наоборот уменьшают производительность труда, что не способствует инновационным процессам и может привести к плохим последствиям. Именно в материальной мотивации так важно найти золотую середину.

Социальная мотивация ориентирована на нравственное или моральное поощрение деятельности работника. С ее помощью служащий достигает общественного одобрения профессиональных достижений, при котором задействованы его личные качества.

Эта мотивация может быть в виде устной похвалы, как лично, так и при коллективе, общим письмом по электронной почте, торжественным вручением похвального листа, награды, размещением фотографии на доске почета.

Социальная мотивация направлена на повышение работоспособности персонала и на максимально эффективное достижение работы в организации.

Психологическая мотивация нацелена на индивидуальные нормы и ценности работника, которые оказывают влияние на его профессиональный труд, на умение ставить и достигать собственные цели и цели компании, на восприятие возникающих задач и умение их быстро и правильно решать

Продуктивная работа и удовлетворение собственным результатом будет только у того сотрудника, который понимает все свои истинные качества. Постановка цели, желание и стремление ее достичь, постоянное самосовершенствование, саморазвитие мотивирует работника на конечный результат, вследствие которого он достигнет успеха в своей деятельности.

В ряде вузов такая деятельность дает значительные результаты. В последние годы в МАИ были проведены исследования мотивации персонала на ряде предприятий. Результаты исследований показали, что систематическая работа со студентами и выпускниками вузов имеет значительные результаты.

Считаю целесообразным такого рода исследования проводить ежегодно.

Актуальность командной работы в организациях аэрокосмической отрасли

Лужнова А.И.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Федотова М.А.
МАИ, каф. УП
Alexalulu999@gmail.com

Поговорка: «Одна голова – хорошо, а две – лучше» очень точно раскрывает преимущества командной работы. Давайте сравним работу в команде, где каждый

стремится при помощи упорядоченных действий к достижению общей цели и работу в группе, которая, как известно, менее целевая и слаженная. Чем отличаются данные формы организации работы людей и почему же командная работа более эффективна и востребована сейчас?

Команда - это целенаправленное объединение людей, дополняющих друг друга своими знаниями и навыками для достижения поставленной общей цели или решения проблемного вопроса. В команде присутствует распределение социальных ролей, регулирование действий производится лидером (формальным/неформальным), а остальные участники находятся в различной степени соподчиненности. Члены команды несут взаимную ответственность за результаты деятельности.

Группа - это некоторое количество людей, которые содействуют друг с другом для достижения определенной цели, но, как правило, эта цель не является общей. Их связывает лишь общее дело, однако цели и заинтересованность в результате могут отличаться.

В организации командная работа обычно встречается в рамках проекта. Команда проекта - это группа специалистов, созданная на период осуществления проекта. Такие команды создаются ради определенной цели и по ее достижении расформировываются или переформировываются для другого проекта/стартапа.

Существует ряд стадий формирования команды проекта: стадия формирования; стадия выяснения отношений; стадия согласования правил; стадия продуктивной работы; стадия завершения.

На стадии завершения проекта команда должна быть расформирована, однако зачастую, при успешном выполнение проекта и хороших отношениях в коллективе члены команды и сами руководители проявляют желание к дальнейшей совместной работе. Отсюда встает вопрос: «Что же делать с командой проекта, когда цели достигнуты, а под новые цели нужна команда иного содержания?»

Одно из решений - частичная смена состава команды. Костяк команды сохраняют, а часть заменяют более квалифицированными и опытными в области нового проекта сотрудниками. Однако, велики риски, ведущие либо к полному разрушению команды, либо к менее глобальному периоду перестройки, который затормаживает работу всей команды.

Во избежание подобных проблем очень важно развивать специальные знания для грамотного формирования и управления командами проекта.

Список использованной литературы

1. Гусаков А.Г., Новиков С.В. Проблемы сбалансированности системы мотивации персонала на российских предприятиях. В сборнике: Вопросы и проблемы экономики и менеджмента в современном мире сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Издательство ИЦРОН. 2016. С. 264-266.

2.Тихонов А.И., Федотова М.А., Силантьева Е.А. Основы организации труда на предприятиях аэрокосмической отрасли. Учебное пособие / Москва, 2017.

3. Семина А.П., Федотова М.А., Тихонов А.И. Обучение персонала в современных компаниях: проблемы и новые направления. Московский экономический журнал. 2016. № 3. С. 33.

Компетентностный подход в подготовки наставника-бортпроводника

Марченко Д.В.
Соискатель, бортпроводник
ФИРО, ЦПОСК, ООО «Глобус»
dmmarchenko@mail.ru

В современных условиях развитии бизнеса на конкурентоспособность авиакомпании оказывают влияние множество фактов, одним из которых является уровень подготовленности персонала. Увеличивается потребность в специалистах, способных к эффективному сотрудничеству, организации и управлению коллективной работы в ходе

профессиональной деятельности с целью обеспечения эффективного развития и экономического роста компании [2].

Проблема качественной подготовки специалистов летного экипажа и диспетчерской службы рассматривается в многочисленных зарубежных и отечественных исследованиях (З.И. Гринько, Т.В. Фильпьева, И.Ю. Вороцкая, Р.Ф. Горбанова, А.В. Малишевский, В.В. Погорловский и др.), однако недостаточно уделено внимание на подготовку членов кабинного экипажа (бортпроводников), в трудовые обязанности которых включено выполнение двух основных задач: первая-обеспечение безопасности полетов, и второе- сервисное обслуживание.

В настоящее время подготовка бортпроводников осуществляется с опорой на основные нормативные документы: Закон РФ «Об образовании», международные требования ICAO и IATA, JAR-OPS; методические рекомендации Минтранса; программы, утвержденные Росавиацией, Положение об использовании ДОТ в образовательных учреждениях ГА и другое.

Современная экономическая ситуация стимулирует изменения в подготовке бортпроводников. Конкурентоспособная личность должна обладать многими развитыми качествами, такими, как самостоятельность, организованность, готовность к ускоренной адаптации в системе «профессиональная среда – личность – социальная среда».

В связи с этими требованиями подготовка наставника-бортпроводника должна осуществляться на основе компетентностного подхода, которых позволит преподавателю на достаточно высоком уровне осуществлять педагогическую и методическую деятельность, педагогическое общение, достигать в кротчайшие сроки стабильно высоких результатов у обучаемых.

Профессиональная компетенция бортпроводника-наставника – это умение использовать свои знания, умения и навыки в конкретной ситуации, способность решать задачи необходимые для работы [1]. Оперирование компетентностью позволяет не только качественно и быстро произвести подготовку бортпроводников-стажеров, но обучить наставников планированию обучения, деятельной реализации, т.е. какие методики и как применять, на что опираться при контроле стажеров, и умению анализа и корректировки обучения.

Профессиональные и личностные качества, сформированные у наставника-бортпроводника в процессе обучения, позволяет ему принимать эффективное участие в решении непосредственных профессиональных задач, самостоятельно анализировать результаты своей деятельности, принимать участие в разработке новых программ подготовки стажеров-бортпроводников, быть социально защищенным и конкурентоспособным на рынке труде [3].

Список использованной литературы

1. Бермус А.Г. Инфраструктура компетентностного подхода в гуманитарном образовании/А.Г.Бермус// Компетенции в образовании: опыт проектирования: сб.науч.тр./под ред.А.В.Хуторского. – М., 2007.-с.45-53

2. Кудрявцева Е.И. Компетенции и менеджмент: компетенции в менеджменте, компетенции менеджеров, менеджмент компетенций. Монография. / Е.И. Кудрявцева — СПб: ИПЦ СЗИУ РАНХиГС, 2012. — 340 с.

3. Маршуба О. А. Ключевые компетенции как составляющие профессиональной компетентности // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – № S8. – С. 26–30. – URL: http://e-koncept.ru/2014/14599.htm.

Коучинг в авиации

Миронова М.К.
Научный руководитель – ст. преподаватель Денисов А.М.
МТУ, каф. ОКР в органах гос. власти
mironova-margarita-95@mail.ru

Человек разрушает границы своего мира. Современные, технически совершенные машины поднимаются в воздух под чутким контролем специалистов, выполняя многочасовые перелеты, перевозя пассажиров и транспортируя тонны груза.

Как показывает статистка международных авиационных организаций, за последние 70 лет показатели аварийности на воздушном транспорте имеют тенденции к снижению. Но это статистка для машин. Для человека же статистика такова: причина 60-80% аварийности на воздушном транспорте – человеческий фактор. Напрашивается вывод, что машины совершеннее людей.

Что поможет наладить обратную связь с персоналом гражданской авиации для выявления причин их ошибок? Опять напрашивается вывод, что современные технологии управления человеческими ресурсами как один из видов процессов управления человек-машина.

Человек разрушает границы своего мира. Коучинг разрушает границы между людьми.

Что такое коучинг? Определение от Международной федерации коучей (ICF) звучит следующим образом: «Это длящиеся отношения, которые помогают людям получить исключительные результаты в жизни, карьере, бизнесе. Посредством коучинга люди расширяют область познания, повышают эффективность и качество жизни».

Зачем нужен коучинг в авиации?

На основе исследований Элеоноры Суриной – ведущего эксперта по безопасности полетов и человеческому фактору можно сделать вывод о том, что коучинг в данной области это консультирование, реализуемое для усиления взаимодействия специалиста с сотрудниками авиакомпаний, с целью изучения социологических аспектов их работы, создания команд летного персонала согласно психологической совместимости, и не только.

Коучинг также может использоваться как технология объективного контроля пилотов, когда в процессе взаимодействия эксперта и авиационного персонала пилот сам расскажет где и какие ошибки во время полета он мог допустить. Полученная таким образом информация – ценный опыт, который можно отразить не только в статистике, но и в обучении других специалистов. Консультирование, в процессе которого пилот расскажет, что с ним произошло, и на сколько это ценно и важно – новое явление в психотерапии.

В процессе Выступления на конференции World Game в 2015 году Элеонора Сурина затронула направление работы с персоналом гражданской авиации, в котором коучинг не просто имеет место быть – он принесет нечто большее в культуру безопасности полетов. Где в расследованиях авиакатастроф допускается или не допускается поиск виновного или не виновного? С помощью коучинга может дополниться существующая технология расследования, показатели продуктивности которой будет выше тех, что существуют на данный момент.

Современный мир характеризуется масштабными изменениями жизни, сопряженными рисками, высокой степенью стресса, что оказывает влияние на эффективность деятельности. Коучинг – молодая, но зарекомендовавшая себя эффективная методика, позволяющая приспособить человека, специалиста, к динамичным изменениям окружающей среды, развивать и обучать персонал, реализовывать консультирование, обогащающее взаимодействие.

Преимущества самообучающихся организаций

Мунтян К.А.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Чуланова О.Л.
СурГУ, каф. УП
kristi25.med@mail.ru

На современном этапе развития рыночной экономики, интеллектуальный потенциал работников является важнейшим ресурсом, способным генерировать новые идеи, создавая тем самым устойчивые конкурентные преимущества хозяйствующим субъектам. Поскольку, особое внимание уделяется внутренним способностям человеческих ресурсов, то наибольшим спросом и востребованностью среди компаний пользуются люди с интеллектуальным капиталом, обладающие определенным талантом, ключевыми компетенциями [1].

Так как у любой компании главной потребностью является ориентированность бизнеса в долгосрочной перспективе, помогающая совместить навыки трудовых ресурсов с поставленными целями, которые должны быть определенно достигнуты. Для этих целей необходимо постоянное, непрерывно развитие персонала внутри организации, ведь развитие своих сотрудников подразумевает управление их знаниями, то есть необходимость формирования в компании непрерывного процесса обучения, способного вывести организацию на новый уровень функционирования и процветания. Организовать непрерывное обучение способна самообучающаяся организация, в которой обучение отдельных работников, в конечном счете, ведет к созданию, приобретению и передаче знаний, где главным является коллективная взаимопомощь, так называемый - групповой обмен опытом. Там, где пропагандируется мозговой штурм, появляются нетрадиционные решения самых разнообразных задач, которые недоступны для каждого работника в отдельности. Организация, в которой обучения является непрерывным процессов и, где используется активный обмен знаниями и опытом между ее сотрудниками, такая организация несомненно ориентирована на успех.

Стратегия самообучающейся организации ориентирована на создание собственного интеллектуального потенциала членов организации не только путем заимствования чужого опыта и достижений, но и путем совместного освоения и внедрения новых решений и идей внутри организации. Самообучающаяся организация применима так, где человеческие ресурсы и таланты работников являются важным фактором производительности и целью инвестиций. Гибкость в управлении, подразумевающаяся под собой тот самый необходимый набор Soft - Skills компетенций, то есть все те коммуникативные, лидерские, командные и прочие социально - психологические навыки, ключевое звено в самообучающихся организациях [2,3].

Превращение организации в самообучающуюся предполагает системную работу с персоналом, начиная от отбора и заканчивая мотивацией труда и организационной культурой. Работу с персоналом в самообучающейся организации отличает высокая активность руководителей всех уровней в стремлении максимально полно использовать потенциал своих подчиненных.

Список использованной литературы

1. Чуланова О.Л. Компетентностный подход в работе с персоналом: теория, методология, практика: монография / Чуланова О.Л. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 292 с.: 60х90 1/16. - (Научная мысль) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-011696-9

2. Чуланова О.Л. Социально-психологические аспекты управления: эмоциональная компетентность руководителя в структуре softskills (значение, подходы, методы диагностики и развития) // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №1 (2017) http://naukovedenie.ru/PDF/01EVN117.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

3. Чуланова О.Л. Формирование softskills (мягких компетенций): подходы к интеграции российского и зарубежного опыта, классификация, операционализация / А. И. Ивонина, О. Л. Чуланова // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. 2017. Т. 6. №. 1. С. 53-58. DOI: 10.12737/24692

Дизайн-мышление как новый подход в управлении персоналом на предприятии авиационной отрасли

Новиков А.С., Платунова О.О.
МАИ, каф. ПММ
novikov@radarmai.ru

С каждым днем повышается спрос на новые и эффективные требования к управлению персоналом в авиационной отрасли. Теперь не только поиск и привлечение, но уже и адаптация, обучение сотрудников, управление их развитием, лояльностью, эффективностью является наиболее значительными направлениями исследований человеческих ресурсов.

В этой связи представляет интерес изучение перспективных направлений, оказывающих влияние на управление персоналом оборонных предприятий и способствующих формированию инновационной методологии нововведений, одним из которых является системный подход дизайн-мышления, основанный на умении взглянуть на мир глазами других людей, понять их потребности, желания, стоящие перед ними задачи. Дизайн-мышление становится главной и новой тенденцией в сфере управления персоналом. На основании проведенных международных исследований была выявлена угроза рациональному использованию человеческого капитала в форме перегруженности сотрудников. Это отражается, прежде всего, в невозможности персонала справиться с поставленными задачами в рабочее время и необходимостью, в связи с этим, работать сверхурочно.

Таким образом, предлагается предпринять новые шаги и внедрить дизайн-мышление, как ещё один метод управления, поддержки и обучения сотрудников. Вместо создания «программы» и «процессов», специалистам HR-предприятия необходимо изучать самих сотрудников, чтобы помочь им влиться в рабочий процесс, а также подготовить инструменты, которые помогут им повысить стрессоустойчивость и продуктивность их труда (соотношение между количеством затраченного труда и получаемым результатом).

Основная ценность дизайн-мышления заключается в том, что именно дизайнерские методики направлены на работу с так называемым «неявным знанием» потребителя, которое он сам не в состоянии определить и выразить.

С этой целью и проводятся дизайн-исследования, позволяющие выявить, объяснить и визуализировать информацию в форме, доступной для дальнейшей коммуникации, всем заинтересованным сторонам (стоит отметить, что данный подход несомненно пригодится в обучении, переподготовке и повышении квалификации персонала), что в будущем проявится как колоссальный результат в повышении конкурентоспособности и эффективности авиационного предприятия.

Список использованной литературы

1. Канащенков А.И., Тихонов А.И., Новиков С.В. Организация инновационного высокотехнологичного промышленного производства. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2016. № 3. С. 83-91.

2. Краев В.М., Тихонов А.И. Управленческий консалтинг в авиационно-космическом комплексе. Учебно-методическое пособие / Москва, 2016.

3. Гусаков А.Г., Новиков С.В. Проблемы сбалансированности системы мотивации персонала на российских предприятиях. В сборнике: Вопросы и проблемы экономики и менеджмента в современном мире сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Издательство ИЦРОН. 2016. С. 264-266.

Интернет персонала как способ совершенствования производственных процессов в авиационной промышленности

Паламарь А.И.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Болдырева Л.Б.
ГУУ, каф. ПИ
palamar.alisa@mail.ru

Авиационная промышленность является одной из наиболее высокотехнологичных и наукоемких отраслей экономики, влияющей на эффективное развитие экономики страны. Благодаря прогрессированию авиационных технологий формируются новые тенденции развития таких отраслей как машиностроение, металлургия, электротехника и других. Общее развитие совокупности этих отраслей приводит к повышению эффективности структуры ВВП, позволяя производить сложные технические объекты с высокой долей интеллектуальных технологий. Следовательно, совершенствование производственных процессов авиастроения является актуальной задачей.

Важным критическим ресурсом, помимо научных изысканий, высокой стоимости материалов и деталей, инновационных технологий и сложной технической продукции, является высокая трудоемкость отрасли. К персоналу предъявляются высокие требования по квалификации как инженерно-технических кадров, так и основного персонала. Большое внимание уделяется безопасности полетов, а также качественному обслуживанию по техническому состоянию узлов и ответственных деталей двигателя. Важную роль в этих процессах играют информационные технологии.

В настоящее время информационные технологии достигли такого уровня, что появляется «Интернет вещей» (Internet of Things, IoT), который подразумевает под собой единую информационную сеть, объединяющую окружающие объекты и объекты виртуального мира. Прогнозируется развитие «Интернета людей» (Internet of Self, IoS), который является технологией объединения с одной стороны Интернета вещей, а с другой стороны – биометрических датчиков, позволяющей сочетать интеллектуальные приборы с анализом состояния и здоровья человека.

Обеспечить информационную поддержку промышленности призвана новая технология промышленного Интернета. Идеология промышленного Интернета – сеть интеллектуальных систем, которая объединяет все элементы производства: приборы, оборудование, изделия. Все устройства снабжаются датчиками, а аналитические системы обрабатывают потоки информации в реальном времени. По данным General Electric внедрение промышленного Интернета сможет дать прирост мирового ВВП на 10 – 15 триллионов долларов через 20 лет. Однако в этих технологиях не уделяется внимание персоналу, от эффективности работы которого зависит стоимость достижения высокого качества выпускаемой продукции.

Состояние и возможности конкретного коллектива подразделения, в том числе внимание, самочувствие и особенности отдельного работника, предлагается учитывать при совершенствовании производственных процессов на основе «Интернета Персонала» (Internet of Staff, IoSt). В настоящее время практически каждый работающий человек имеет смартфон. Ресурсы этих устройств для обработки информации недооцениваются. Применение гаджетов (браслетов), связанных с телефоном, и биометрических программ физической активности позволит получить информацию о пульсе, давлении и других показателях здоровья в разные периоды рабочего дня. Анализ такой информации на основе алгоритмов интеллектуального анализа данных позволит оптимизировать задания работнику и распределение работ между сотрудниками.

Технология «Интернет Персонала» разрабатывается для повышения эффективности управления персоналом, как для решения текущих задач, так и совершенствования планирования и управления производственными процессами, оптимизации инфраструктуры подразделений и предприятия в целом.

Корпоративный дух организации как важная составляющая повышения продуктивности ее работы

Пилюков А.Г., Шавин Е.А.
Научный руководитель – профессор, к.э.н. Губанова С.Е.
МАИ, каф. ПМ
Andrey.pilyukov@mail.ru

Корпоративный дух как основная часть корпоративной культуры – является ядром духовности предприятия, в котором заложены предназначение, высшие ценности и стремления всех сотрудников организации. Степень силы корпоративного духа в значительной мере определяет динамику и эффективность функционирования современной организации.

Если сравнивать атмосферу соперничества с атмосферой корпоративного духа, в которой все участвуют в работе как одна команда, то можно заметить, что на начальном этапе формирования организационной культуры, предприятия с климатом соперничества будут развиваться интенсивнее, и их продуктивность будет выше по сравнению с организациями, где все лишь учатся работать как единый взаимосвязанный организм. Но затем, когда предприятия, внедряющие принципы корпоративного духа, научатся взаимодействию, объединяющему цели, потребности и ценности всех сотрудников в единое целое - их продуктивность возрастёт в разы по сравнению с ранее более результативными организациями с атмосферой внутриорганизационного соперничества.

Формирование корпоративного духа или же разработка корпоративной религии осуществляется через ряд шагов:

- выяснение того, какой видит организацию ее внешнее окружение, и какими ценностями она выделяется в глазах окружающих;
- выяснение того, какой видят организацию ее сотрудники, и какие ценности выделяют они;
- выяснение того, какой организация видит себя в будущем, и каковы мировоззренческие особенности ее высшего руководства;
- формулирование на основе первых трех шагов корпоративной концепции, четко определяющей связь между продуктом, имиджем и внутренними ценностями организации;
- тестирование концепции, основанной на идентификации сотрудников с организацией, опирающейся на сформулированные ценности и имидж предприятия;
- подробное описание корпоративной идеологии;
- разработка маркетинговой концепции, цель которой, используя корпоративный дух как инструмент привлечения, построить план продвижения продукта на рынке.

Корпоративная культура, также включает в себя нормы поведения, которые сотрудник должен исполнять независимо от своего статуса и положения в фирме, такие как:

- ценностные установки (понятия о допустимом и недопустимом);
- модели поведения (варианты реагирования) в различных ситуациях;
- нормы делового общения между членами коллектива и с клиентами (другими учреждениями, представителями власти, СМИ, широкой общественностью и т. д.);
- пути разрешения конфликтов (внутренних и внешних);
- принятые в организации традиции и обычаи, а также символика.

В конечном счете, развитие корпоративного духа – лучший способ воспитания совести и подчинения ей, способ, указывающий верное направление движения, и, ведущий к образованию синергетического эффекта - значительного повышения продуктивности работы предприятия в целом.

Ключевые показатели эффективности деятельности работников авиапредприятий

Похлебин Н.С.
Научный руководитель – доцент, к.с.н. Михайлов А.А.
МАИ, каф. СУП
likvor.l@bk.ru

Важнейшим фактором процветания любого авиапредприятия в условиях высокой конкуренции является квалифицированный сплочённый персонал. Эффективные управление деятельностью работников авиапредприятия базируется на необходимости в разработке и внедрений ключевых показателей эффективности (далее КПЭ). Это связано с тем, что КПЭ являются эффективным методом оценки персонала, а также основой для разработки системы мотивации труда сотрудников. КПЭ – это система количественных индикаторов, отражающих результативность работы каждой рабочей группы. Преимуществом такой системы является активная мотивация персонала и сопоставимые показатели. Эта система основывается на управлении по целям, то есть обеспечивает понимание каждым сотрудником цели компании и места каждого работника в производственном процессе. В данном случае под мотивацией понимается процесс стимулирования сотрудников на достижение поставленных целей и выполнение задач предприятия. Следует отметить, что система КПЭ не только мотивирует персонал, но и позволяет осуществлять систематическую оценку деятельности сотрудников.

Выделяют несколько подгрупп КПЭ:

– статья затрат – количество затраченных ресурсов;

– статья производительности – процент загрузки мощностей;

– статья эффективности – показатели, характеризующие отношение одного показателя к другому;

– статья итоги – количественное выражение результата деятельности.

Ключевые показатели эффективности можно также разделить на два вида - оперативные и стратегические. Оперативные показатели отражают текущую деятельность предприятия и его подразделений, позволяют адаптировать цели и задачи в соответствии с изменяющимися условиями. Стратегические показатели отражают результат деятельности предприятия за период, позволяют скорректировать планы на следующий период.

Технология разработки и реализации системы КПЭ включает в себя: определение целей, которые должен достичь персонал подразделений, чтобы обеспечить эффективную работу; разработку показателей возможных нарушений и ошибок; проведение мониторинга по реализации функций и операционных процессов; определение «стартовых нормативов» численных значений КПЭ для улучшения эффективности; презентация показателей КПЭ и их численных значений для всего блока подразделений; проведение оценки по показателям КПЭ.

Основные преимущества использования КПЭ в управлении деятельностью работников авиапредприятий:

– передача ответственности и осуществление контроля по ключевым параметрам, при этом разгружая руководителей самостоятельных подразделений;

– эффективное бюджетирование – составление бюджета под достижение конкретных измеримых задач;

– повышение качества труда сотрудников;

– повышение и поддержание статуса руководства и статуса подразделения;

– расстановка приоритетов в деятельности как руководителей, так и подчиненных.

Разработка мероприятий по снижению сопротивления персонала внедрению lean-технологий на авиационных предприятиях

Просвирина Н.В., Хакимов А.А., Чунина М.Е.
МАИ, каф. УП
MariaChunina@yandex.ru

В последние годы в нашей стране внимание к вопросам повышения эффективности производства, улучшения качества продукции или услуг, сокращения издержек и времени производственного цикла резко усилилось. Наиболее эффективным, надежным и малозатратным путем к этому является внедрение принципов бережливого производства, позволяющих предприятиям авиационной промышленности выйти из кризиса и повысить конкурентоспособность. Преобразования на основе концепции бережливого производства – это переход предприятия на новый, более качественный уровень функционирования, что предполагает вовлечение в процесс всех сотрудников компании. Именно с понимания этой истины авиационные предприятия начали свой путь по внедрению принципов бережливого производства, освоение которых происходит под активной поддержкой руководства. Ведущую роль в формировании культуры играет руководитель, который задаёт направление, ставит цель, мотивирует и обеспечивает ресурсами, то есть управляет процессом улучшений. Однако при внедрении принципов lean компании также сталкиваются с рядом внешних и внутренних ограничительных факторов. Рассмотрим препятствия эффективному внедрению бережливого производства на предприятиях, связанные с человеческим фактором и возможные мероприятия по их устранению:

1. Менталитет, сопротивление новшествам: обучение, разъяснительная работа по принципу «сетевого маркетинга»; обнародование в СМИ достигнутых результатов и положительных эффектов (PR-проекты); мотивация; выделение в подразделениях группы «молодых-перспективных» сотрудников и «опытных-влиятельных» сотрудников.

2. Существующие отношения между руководителем и подчиненным по принципу «Я начальник, ты – дурак»: построение отношений между руководителем и подчиненным на основе сотрудничества, доверия и уважения по принципу «у тебя идея, у меня – полномочия и ресурсы»; проведение семинаров по теме управления персоналом.

3. Недостаточная мотивация: разработка нормативных документов с учетом различных способов мотивации по принципу кнута и пряника.

4. Отсутствие уверенности в постоянстве принимаемых решений по внедрению lean-технологий: изменение философии мышления людей; разработка стандартов и других нормативных документов; непрерывное самосовершенствование.

5. Недостаток квалифицированных кадров: выделение в подразделениях персонала, склонного к обучению принципам и механизмам «бережливого производства» и их обучение; привлечение консультантов с авиационных предприятий.

6. Страх «белой вороны» у специалистов группы внедрения lean-технологий: поддержка высшего руководства; мотивация.

Персонал предприятий, внедряющих бережливое производство, делится на три категории: 10% - всецело поддерживают и понимают цели БП; 80% - могут занять любую позицию; 10% - против внедрения и не видят в БП перспектив.

Большинство организаций отдают предпочтение регулированию процессов производства, финансов, маркетинга, а управление персоналом ставят на более низкую нишу. Именно поэтому управление человеческими ресурсами не всегда отвечает поставленным целям и задачам организации. В результате исследования было установлено, что стратегической задачей, стоящей в настоящее время перед предприятиями авиационной отрасли, является управление процессом формирования стоимости организации, содержащим в себе задачи преобразования интеллектуального капитала, принадлежащего каждому сотруднику, в интеллектуально-креативные ресурсы организации, способные реализовывать инновационные проекты и в дальнейшем повышать конкурентно-рыночные ресурсы организации.

Список использованной литературы

1. Просвирина Н.В., Тихонов А.И. «Организация труда персонала в системе бережливого производства на предприятиях авиационного двигателестроения» // Климовские чтения-2016: перспективные направления развития авиадвигателестроения. Сборник докладов международной научно-технической конференции. Изд.: ООО «Скифия-принт» (Санкт-Петербург). 2016. С. 369-374.

2. Просвирина Н.В., Тихонов А.И., Лазников Н.М. «Прогнозирование спроса на продукцию авиационного двигателестроения в условиях открытого конкурентного рынка» // Вооружение и экономика. 2016. № 4 (37). С. 128-135

3. Просвирина Н.В., Зеленцова Л.С., Тихонов А.И. «Управление предприятием авиационной промышленности с использованием концепции бережливого производства» // Московский экономический журнал. 2016. №2. С.6.

4. Тихонов А.И., Калачанов В.Д., Просвирина Н.В. «Повышение конкурентоустойчивости предприятий авиационного двигателестроения в современных экономических условиях» // Вестник Московского авиационного института. 2016. Т.23. №1. С. 218-225.

5. Просвирина Н.В., Тихонов А.И. «Управление человеческими ресурсами при внедрении принципов бережливого производства на предприятиях авиационного двигателестроения». Системы управления жизненным циклом изделий авиационной техники: актуальные проблемы, исследования, опыт внедрения и перспективы развития. Тезисы докладов V Международной научно-практической конференции. Изд.: Ульяновский государственный университет (Ульяновск), 2016.

Особенности аудита системы вознаграждения персонала организации

Рожков А.И.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Козлова Е.Г.
МГОУ, каф. УП
Rozhok421@gmail.com

Актуальность выбранной темы представлена возникновением рисков для работодателя, связанных с соблюдением интересов работника в организации касаемо вопросов вознаграждения.

Вознаграждения работников – это все формы возмещения, которые предприятие отдает работникам взамен на оказанные ими услуги.

Объектами аудита являются расходы на оплату труда и связанные с ними расчеты с бюджетом и внебюджетными фондами (социального страхования, пенсионным, медицинского страхования, занятости).

Вознаграждения работников подразделяются на краткосрочные и долгосрочные. Вознаграждения бывают следующих типов: материальные, социальные и психологические.

К вознаграждениям персонала относятся: вознаграждения в денежной и не денежной форме; вознаграждения, предусмотренные для работников по завершению трудовой деятельности; другие, такие как оплачиваемый отпуск, выплаты на юбилеи, перераспределение доходов фирмы.

В аудите системы вознаграждения персонала следующие основные направления: аудит соответствия, аудит эффективности, стратегический аудит.

Во время аудиторской проверки аудитор даёт оценку существующей в организации системе расчетов с персоналом, её эффективности; проверяет соблюдение организацией налогового законодательства по операциям, которые относятся к расчетам по оплате труда.

Наиболее популярным инструментом сбора информации, который аудитор использует при диагностике системы вознаграждений организации, является интервью. Так же используются следующие методы сбора информации: анализ отчетов, опубликованные государственные статистические данные, анкетные опросы.

Во время проведения аудиторской проверки, аудитор руководствуется федеральным законом от 30.12.2008 N 307-ФЗ "Об аудиторской деятельности" (далее -

Закон N 307-ФЗ), другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами, которые регулируют отношения, возникающие при осуществлении аудиторской деятельности.

Аудит системы вознаграждения персонала организации помогает систематизировать денежные взаимосвязи между работодателем и работником, помогает выявить проблемы системы вознаграждения, которые имеются в фирме, даёт основу для создания новой политики вознаграждений или усовершенствования существующей.

Корпоративные университеты аэрокосмической отрасли

Семина А.П.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Федотова М.А.
МАИ, каф. УП
semina-nasty@mail.ru

Корпоративный университет — это система обучения и развития персонала для увеличения эффективности деятельности организации. Главная цель корпоративных университетов – предоставление знаний, умений и навыков различным категориям персонала компании в необходимом объеме и наиболее результативными методами. Преимущество корпоративного университета в использовании различных форм обучения персонала организации. К традиционным формам получения знаний относят лекции, семинары, тренинги. К более новым формам можно отнести информационные технологии проверки знаний либо адаптивную систему обучения, т.е. подход, который направлен на подстраивание под индивидуальные особенности каждого обучающегося. Форму обучения необходимо выбирать исходя из целей обучения, количества обучающихся, финансирования и проч. Корпоративные университеты (академии) существуют у таких крупных организаций, как: Росатом, Сбербанк, РЖД, PwC, Газпром нефть, Сухой, Роскосмос и др.

Внедрение корпоративных университетов в России крайне необходимо, так как академии помогают привлечь иностранный капитал. Создание корпоративного университета влечет за собой большие временные и финансовые затраты, поэтому такие затраты себе могут позволить только высокотехнологичные отрасли, такие как авиационная и ракетно-космическая. Корпоративный университет необходим крупным компаниям, которые занимаются созданием и подготовкой кадрового резерва, обучением и развитием персонала. Например, объединение ОРКК и РОСКОСМОСА в Госкорпорацию «РОСКОСМОС» привело к необходимости создания корпоративной академии РОСКОСМОСА. Роскосмос стоит на пути изменений. Изменения невозможны без качественно подготовленного сотрудника, от высшего звена до низового. Решить проблему обучения и развития, проблему создания кадрового резерва для будущего организации помогает корпоративная академия. Корпоративный университет решает множество задач: формирование корпоративной культуры, подготовка топ-менеджеров, повышение квалификации сотрудников, создание кадрового резерва, выявление потребности в оценке персонала.

Корпоративный университет «Сухой» может свои системы настраивать под любые кадровые задачи предприятий. Данный университет использует последние методики в области оценки и развития персонала. Основные направления деятельности: создание и подготовка кадрового резерва, обучение управленческого персонала, обучение сотрудников технологиям «бережливое производство». Главное отличие данного университета от других в том, что используется гибкая система настройки под конкретную задачу, т.е. применяется при оценке такое сочетание элементов, которое наиболее эффективно решает поставленную задачу.

Корпоративные университеты необходимы России, так как они решают еще один важный вопрос: несоответствие полученного образования в школе и вузе требованиям работодателя, т.е. дефицит профессионалов в отрасли. Система обучения будет эффективна лишь в том случае, если она будет связана с программами развития

персонала, обеспечением сотрудников необходимыми практическими навыками, которые кандидаты не смогли получить в институте в процессе обучения.

В заключение хотелось бы отметить, что вклад в обучение и развитие персонала очень важен, так как это одна из главных составляющих конкурентоспособности предприятия в целом. Непрерывное обучение сотрудника компании - один из ключевых факторов успеха.

Список использованной литературы

1. Семина А.П., Федотова М.А., Тихонов А.И. Обучение персонала в современных компаниях: проблемы и новые направления. Московский экономический журнал. 2016. № 3. С. 33.

2. Семина А.П., Силантьева Е.А. Формы обучения студентов для ракетно-комической отрасли // Реформы в России и проблемы управления - 2016. - М.: Государственный университет управления, 2016. - С. 332-334.

3. Тихонов А.И., Семина А.П., Силантьева Е.А. Основные тенденции кадрового обеспечения предприятий ракетно-космической отрасли // Международный журнал прикладных наук и технологий Интеграл . - 216. - №2. - С. 6.

Методы оценки персонала в ракетно-космической промышленности

Семина А.П., Силантьева Е.А.
МАИ, каф УП
512kaf@mail.ru

Современные тенденции развития РКП требуют использования в полной мере всех видов ресурсов, в том числе трудовых. В настоящее время становится очень важно отслеживать работу каждого сотрудника, для того, чтобы оценить его вовлеченность в рабочий процесс, его эффективность на рабочем месте, помочь сотруднику вырасти по карьерной лестнице, в случае «эмоционального выгорания» изменить направление работы, а также для анализа деятельности организации в целом. Для специалиста по управлению персоналом и для руководителя отдела оценка важна, прежде всего, для разработки рекомендации по эффективному управлению, для определения необходимости в обучении для персонала, для оптимизации функций в компании и для оценки внутренней мотивации сотрудника к работе.

В данный момент, когда предприятия РКП нацелены на завоевания всё новых рынков сбыта продукции, что возможно только при высокой степени расположенности к предприятию как внешних субъектов, так и коллектива предприятия, проводить регулярную оценку персонала на эффективность деятельности предприятия становится все более актуальным. Сохранение преимуществ и приоритета России в мировой космической деятельности является основной задачей ракетно-космической промышленности (РКП) в настоящее время. Преодолеть глубокий кризис, в котором на данный момент находится отечественная ракетно-космическая отрасль, можно только с помощью мер, направленных на эффективное использование всех ресурсов предприятий отрасли. Для того чтобы понять, эффективно ли работает предприятие и выполняет ли все свои функции необходимо проводить регулярную оценку персонала.

Оценка персонала — набор методов, позволяющий специалисту по управлению персонала проанализировать эффективность деятельности сотрудника, оценить соответствие сотрудника требованиям предприятия и качественное выполнение работником поставленных перед ним задач. Оценка помогает выявить нарушения в работе сотрудника, противоречия, выявить слабые и сильные стороны работника.

По результатам оценки, как правило, составляется график, который разделяют на три зоны: зеленую, желтую и красную. Соответственно, те сотрудники, которые попадают в зеленую зону, являются, по мнению HR-специалистов, наиболее эффективными, в красную – наименее. На практике предприятия РКП проводят оценку персонала только в 2ух случаях: при расширении производства либо при сокращении кадров. К сожалению, оценку редко используют для обучения и развития персонала. При проведении оценки необходимо учитывать множество факторов, таких как: биологические, социальные,

экономические, технические, организационные, психологические, рыночные и проч. Формы для оценки необходимо составлять конкретные под конкретную задачу исходя из определенных критериев. Для проведения оценки нужно заранее знать цели оценки, наиболее желаемые результаты, выделить причины проведения оценки. Существует множество методов оценки персонала: аттестация, интервью по компетенциям, тесты способностей, личностные опросники, оценка «360 градусов», оценка по KPI, ассессмент-центр, метод «Mysteryshopping». Разные методы оценки преследуют различные цели оценки. Например, метод «360 градусов» используется для оценки личности сотрудника в целом, для контроля выполнения плана работ и эффективности используют оценку по KPI, для того, чтобы проверить профпригодность персонала – аттестацию.

Оценка в РКП необходима на всех этапах движения персонала: подбор персонала, адаптация, развитие и обучение, мотивация, кадровое перемещение и высвобождение, так как от качества сотрудников зависит деятельность организации в целом, ее прибыль, рентабельность, капитализация.

Список использованной литературы

1. Семина А.П., Федотова М.А., Тихонов А.И. Обучение персонала в современных компаниях: проблемы и новые направления. Московский экономический журнал. 2016. № 3. С. 33.

2. Семина А.П., Силантьева Е.А., Тихонов А.И. Основные тенденции обеспечения кадрами предприятий ракетно-космической отрасли // К.Э. Циолковский и этапы развития космонавтики. - Калуга: Эйдос, 2015. - С. 407-408.

3. Семина А.П., Федотова М.А. Оценка персонала в целях его развития в ракетно-космической промышленности // Идеи К.Э. Циолковского в инновациях науки и техники. - Калуга: Эйдос, 2016. - С. 461-463.

Дистанционное обучение персонала на авиационном предприятии

Семина А.П., Шаталова М.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Федотова М.А.
МАИ, каф. УП
semina-nasty@mail.ru

СДО (система дистанционного обучения) – это способ получения новых знаний с помощью сети интернет в режиме реального времени при опосредованном взаимодействии преподавателя и ученика.

Современные программы непрерывного образования способствуют повышению эффективности авиационного предприятия, дают ему возможность занимать лидирующие позиции на мировом рынке. Постоянное обновление и изменение информации требует от персонала непрерывного обучения. Для предприятия экономически выгодным решением является повышение квалификации уже работающих сотрудников на основе их непрерывного обучения, чем привлечение новых работников. При использовании СДО расходы на обучение уменьшаются в 2-3 раза. Большинство российских авиакомпаний, в том числе ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии», используют СДО для подготовки своего персонала, для обучения их навыкам, необходимым им для выполнения своих текущих обязанностей или для продвижения по карьере.

В СДО, как и в классическую форму обучения, включаются все форматы взаимодействия слушателя с преподавателем: лекции, семинары, мастер-классы и прочее. К ключевым преимуществам такого обучения можно отнести: низкая стоимость реализации обучения по сравнению с очной формой, возможность обучаться из любой точки (в командировке, из дома, в отпуске), гибкость в технической доработке реализации программы. С точки зрения недостатков стоит учесть психологические факторы человека – необходимо заинтересовать людей и поддерживать их интерес к самостоятельному обучению. К тому же дистанционное обучение не всегда удобно при общении с преподавателем в случае зависания интернета, отсутствует прямой контакт с учителем. Уровень интерактивности при обучении в СДО ниже и перевес идет в сторону передачи знаний, а не формирования навыков.

Стандартно можно приобрести уже готовые онлайн-курсы, при условии, что курс включает именно общие и ознакомительные материалы, которые не противоречат специфике данной деятельности. Если же мы хотим добиться более эффективных результатов по итогу прохождения ДСО, то более грамотным решением является разработка курсов на базе тех программ, и учебных курсов, которые предприятие успешно проводит в очном режиме. Таким образом необходимо заранее провести анализ программы обучения, выбрать наиболее подходящий или же разработать собственный курс. Разработка онлайн-обучения, которое удовлетворяет потребностям организации требует дополнительных ресурсов, но в дальнейшем использование такого продукта значительно упростит процесс обучения и будет эффективнее, чем стандартные курсы.

После прохождения ДСО, необходимо проконтролировать насколько правильно используются новые знания на практике и используются ли они вообще. Система наставничества и контроля выполненных действий должна учитывать, что человек проходил именно дистанционное обучение и есть вероятность, что практические навыки могут «западать».

Подводя итоги, если мы хотим получить от ДСО действительно эффективные результаты, снизить затраты на обучение и в дальнейшем использовать эту программу, нужно проанализировать текущую ситуацию на предприятии, изучить предложения ДСО на рынке, при необходимости выработать свою программу онлайн-обучения и систематически отслеживать ее выполнение. К данной форме получения знаний в эпоху бурного развития телекоммуникационных технологий необходимо уделять особое внимание, т.к. интерес к дистанционному обучению сформировался уже давно, и будет расти дальше.

Список использованной литературы

1. Краев В.М., Тихонов А.И. Особенности кадровой работы на предприятиях оборонно-промышленного комплекса для повышения экономической безопасности. В сборнике: Идеи К.Э. Циолковского в инновациях науки и техники материалы 51-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. 2016. С. 447-448.

2. Семина А.П., Федотова М.А., Тихонов А.И. Обучение персонала в современных компаниях: проблемы и новые направления. Московский экономический журнал. 2016. № 3. С. 33.

3. Семина А.П., Силантьева Е.А., Тихонов А.И. Проблемы и перспективы развития кадрового обеспечения аэрокосмической отрасли // XIII КОРОЛЁВСКИЕ ЧТЕНИЯ международная молодёжная научная конференция, сборник трудов. - Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2015. - С. 234.

Профессия HR: взгляд изнутри

Сергиенко А.Н., Печинина Д.С.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Федотова М.А.
МАИ, каф. УП
anastasiya-sergi@inbox.ru

Профессии разные нужны, профессии разные важны. И все-таки есть одна профессия, по поводу важности и нужности которой ведутся жаркие баталии представителями всех прочих специальностей: HR-специалист. Пожалуй, ни одна профессия не пользуется такой непопулярностью у людей самого разного уровня образования и опыта, как профессия HR-специалиста. Беда в том, что полноценный эйчар приходит в компанию позднее всех, когда организационная культура уже сформировалась. И приходит один, то есть носители этой культуры давно работают в компании, исповедуют привычные ценности и практикуют устоявшийся стиль управления. И если директор по персоналу приглашается для того, чтобы что-то изменить, он обречен на провал. И если посмотреть на эйчар-функцию во многих российских компаниях, вырисовывается закономерность: директора по персоналу там часто меняются.

Предлоги разные: «провалил» найм, «не тянет» серьезные задачи, не смог поладить с линейными руководителями.

Наиболее эффективный эйчар – вписавшийся в корпоративную культуру компании и выполняющий именно ту роль, которая требуется в данной культуре.

Таким образом, чтобы управление персоналом в компании былопоставлено эффективно, нужно учесть:

- какая организационная культура ближе эйчару, какая роль ему лучше всего удается;
- насколько эйчар хорош как управленец;
- какими профессиональными, эйчаровскими, знаниями и опытом он обладает;
- насколько хорошо генеральный директор (собственник) понимает, что он хочет получить от эйчара, какой именно специалист ему нужен, и готов ли он поддержать такогоработника.

Ключевые цели компаний сегодня, – оптимизация расходов,сохранение бизнеса и решение стратегических задач, а также развитие ивнедрение инноваций, поскольку многие понимают, что кризис – это времяновых возможностей. Рассматривая эти цели с точки зрения работы сперсоналом, можно выделить следующие актуальные для HR-специалиставопросы:

- оптимизация структуры и численности персонала;
- оптимизация мотивационной системы (включающей оплатутруда, премиальные схемы, льготы и т.п.);
- поддержание и повышение уровня производительности труда;
- поддержание рабочей атмосферы в коллективе, хорошегосоциально-психологического климата;
- поддержание (или создание) механизмов разработки и внедренияинноваций.

Чтобы заранее определить полезность новых методов обучения иоценки, надо провести пилотный проект и сделать выводы. То, что хорошов одной компании может не подойти другой. Полноценный эйчар нанимается, как правило, тогда, когда уже нужно не просто строить, а многое рушить и перестраивать. Но сначала необходимо такой клубок проблем распутать, да отмести подозрения, доказать, что ты не соперник, а партнер.

HR-брендинг в социальных сетях

Смирнова Т.Б., Четнева Е.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Истратий А.Ю.
МГОУ, каф. УП
Tany_9696_9696@mail.ru

В настоящее время всё больше компаний и соискателей начинает использовать социальные сети в качестве средства коммуникации. После окончания кризиса вопросы продвижения HR-бренда в соцсетях становятся всё более актуальными. Плюсом HR-брендинга является доступность данного инструмента при поиске сотрудников. Создать группу в социальной сети можно бесплатно, охватив тысячи потенциальных работников, а размещать информацию можно неограниченное количество раз. Таким образом, любая компания может позволить себе создание сообщества в социальной сети, выявив при этом степень необходимости данных мероприятий. Для формирования привлекательного имиджа компании следует помнить об удобном для пользователей оформление группы, публикации важных блогов и постов, обратной связи с соискателями и др.

Многие крупные компании размещают информацию о вакансиях в основных группах компании. Данный подход имеет свои преимущества и недостатки. К плюсам можно отнести охват большого количества людей, так как информацию смогут увидеть не только те, кто непосредственно ищет вакансии, но и люди, которые пока не задумывались о работе в данной компании. У менеджеров по персоналу есть возможность найти узко квалифицированных специалистов в соцсетях, которых трудно отыскать на тривиальных работных сайтах, где многие вакансии застаиваются годами. Следовательно, и у

соискателей появляется возможность самопрезентации в соцсети, в т.ч. и за счёт вступления в профессиональные группы. Значительно упрощается работа HR-менеджера, т.к. ему нет необходимости вести всю группу. Однако стоит помнить, что данные о вакансиях могут затеряться среди прочей информации группы. А также, что целевая аудитория общей группы может не совпадать с аудиторией потенциальных работников.

Также стоит обратить внимание на то, какие именно социальные сети использовать. Для этого необходимо проанализировать контингент участников различных сайтов и определить, где создание группы принесет наибольшую эффективность. При этом необязательно обращать внимание на уже существующие группы других компаний, так как создание сообщества в социальной сети меньше наполненной подобными группами может повысить интерес к вашей группе.

В России уже более половины рекрутеров для поиска и привлечения сотрудников в свои компании пользуются социальными сетями с разной степенью популярности, в зависимости от желаемой цели. Важно привлечь, заинтересовать и удержать внимание потенциальных работников. Для этого можно размещать интересные факты и новости компании, информацию об успешных сотрудниках, публикуя актуальные вакансии, а также четко обозначать преимущества работы в компании. Немаловажно отметить и возросшую избирательность соискателей при поиске работы, которые могут внимательно изучить информацию о работодателе в Интернете, прочитать отзывы и т.п.

Продвижение HR-бренда компании в социальных сетях во многом зависит от грамотно созданного аккаунта в интернете, опроса потенциальных кандидатов, возможных конкурсов и соревнований для соискателей, работы с пользователями и их отзывами, а также от работников компании, ответственных за ведение страницы, например в «Вконтакте», «Facebook», «Одноклассники», «Мой мир» и других соцсетях.

Культура осознанной безопасности в современных компаниях

Соболь О.В.
к.э.н., ст. преподаватель
ГУУ, каф. УП
sobol.oks@yandex.ru

Активное развитие промышленно-производственного комплекса, внедрение новых технологий, а также осознание важности и ценности жизни и здоровья работников привело к возрастанию значимости норм и правил охраны труда и промышленной безопасности. Современные организации не могут не обращать пристальное внимание на вопросы охраны труда и создание культуры осознанного отношения сотрудников к собственной безопасности в связи с ростом количества несчастных случаев и связанных с ними финансовых потерь.

Результаты современных исследований показали, что наличие в организации всех нормативно-правовых документов по охране труда и создание безопасных условий труда не гарантирует снижение уровня травматизма. Согласно статистике компании DuPont (мирового лидера в области создания культуры безопасного труда), источниками травм и происшествий в процессе труда являются опасные условия труда (5%) и опасные действия персонала (95%) [1]. Можно сделать вывод, что причина высокого уровня травматизма заключается в формальном отношении сотрудников к вопросам собственной безопасности и безопасности производства.

В связи с этим все больше современных компаний стали реализовывать совместные проекты служб управления персоналом и охраны труда, направленные на создание культуры безопасного поведения работников и формировании в их сознании личной заинтересованности в безопасном труде. Эксперты в области управления персоналом и охраны труда часто используют термин «осознанная безопасность», что подразумевает под собой осознание работником личной ответственности за безопасность в процессе труда, понимание важности соблюдение норм и правил охраны труда, психологический настрой и мотивация на безопасное поведение.

Целями и задачами проектов по формированию культуры безопасного поведения работников и соблюдение норм и правил охраны труда являются:

1. Снижение уровня травматизма, рисков возникновения аварий и несчастных случаев
2. Повышение культуры безопасности и мотивации персонала
3. Развитие компетенций и навыков персонала в области безопасности

В качестве основных методов по созданию культуры осознанной безопасности в компании используются:

1. Проведение обучающих мероприятий для работников и руководителей (конференции, семинары, тренинги, круглые столы), направленных на формирование установок и отношения сотрудников к охране труда и безопасности.
2. Демонстрация на практике методов работы в соответствии с политикой компании в области охраны и безопасности труда
3. Наставничество ключевых руководителей в области соблюдение инструкций по охране труда и приверженности культуры осознанной безопасности
4. Повышение квалификации специалистов охраны труда и промышленной безопасности
5. Обмен лучшими практиками в области охраны труда и осознанной безопасности среди различных предприятий в формате конференций, круглых столов, экскурсий на производство и т.д.

Для изменения культуры безопасности необходима система мотивации и вовлечения персонала на всех уровнях организации, а также эффективные методы коммуникации. Ответственность за формирование и реализацию политики компании в области мотивации и стимулирования персонала, направленной на поддержание проектов по осознанной безопасности, возлагается на службы управления персонала. В качестве основных методов по стимулирования безопасного поведения среди работников и руководителей можно выделить:

1. Нематериальное стимулирование: вовлечение, признание, карьерный рост, поощрение, а также система применения дисциплинарных взысканий
2. Материальная стимулирование: система премий и компенсаций, связанных с соблюдений норм охраны труда

Создание культуры осознанной безопасности предполагает организацию и проведения обучения руководителей и работников по проведению поведенческих аудитов соблюдения правил безопасности в процессе труда, наставничеству и лидерству по охране труда. Практика компании DuPont свидетельствует о том, что данные обучающие программы следуют проводить в комплексе: семинары, примеры из практики и наставничество на рабочем месте. Эксперты рекомендуют проводить обучающие мероприятия как для руководителей разных уровней, так и для рядовых работников. Цель обучение – формирование установок на выполнение производственных планов при стогом соблюдении норм и правил охраны труда, внедрение технологий непрерывного повышение безопасности рабочих мест, повышение уровня контроля за безопасностью труда.

Проекты по созданию культуры безопасного поведения были успешно реализованы в таких компаниях, как Сибур, Нориский Никель, ЕвроХим, American Airlines, Балтика, Газпром Нефть, РЖД, Илим и т.д. при активном участии руководства и с привлечением внешних консультантов. Сегодня в России лидирующие позиции по разработке и внедрению консалтинговых проектов, связанных с осознанной безопасностью, занимают компании DuPont, Business Relations, BiToBe, EXECT Business Training, ЭКОПСИ Консалтинг.

Таким образом, формирование культуры осознанной безопасности в современных компании предполагает совместную работу служб управления персоналом и охраны труда с руководством и сотрудниками с целью изменения менталитета и культуры выполнения работы. Реализация подобных проектов позволяет снизить количество несчастных случаев, повысить вовлеченности сотрудников в мероприятия по охране труда.

Список использованной литературы
1. DUPONT.RU – Консалтинг и технологии // Официальный сайт компании, URL: http://www.dupont.ru/products-and-services/consulting-services-process-technologies.html (дата обращения: 31.10.2016).

Проблемы оценки персонала современных организаций

Тимченко Я.А.
Научный руководитель – доцент, д.э.н. Чуланова О.Л.
СурГУ, каф. УП
sunny.yana@rambler.ru

Руководители крупнейших предприятий давно перестали спорить о том, что в условиях современного общества человеческие ресурсы являются одними из наиболее ценных ресурсов, а значит требуют удвоенного внимания, грамотно выстроенного подхода и постоянного мониторинга. В теории организации обучение рассматривается как основной источник создания конкурентных преимуществ. [1]

В данном исследовании сделан акцент на совершенной необходимости и важности пост-сопровождения любой программы обучения. На сегодняшний день сложилось несколько устоявшихся методик оценки эффективности обучения персонала: оценка по цели Тайлера, системная оценка Стафлебима и оценка реакции Берда, а также модель Д.Киркпатрика, которая, на наш взгляд, является одной из наиболее полных, а значит – представляющих наиболее достоверные данные оценки. Интегрируя и развивая модель Д. Киркпатрика, мы представляем процедуру оценки эффективности обучения.

Реализация процедуры оценки обучения включает в себя 6 основных этапов: оценка реакции слушателей или оценка путем анализа листов реагирования (smilesheets) или простого анкетирования; оценка знаний и навыков подразумевает оценку степени достижения поставленных перед обучением целей; оценка поведения на рабочем месте подразумевает оценку изменения поведения участников обучения на рабочем месте; проверка владения полученных навыков путем обучения других сотрудников; оценка практических навыков - поскольку владение знаниями не всегда сопряжено с возможностью их практического применения, то важным этапом оценки является; оценка влияния программы обучения и измерение степени изменения ключевых показателей - наиболее сложным в данном этапе является как раз определение ключевых показателей, которые подвергаются влиянию со стороны проведенного обучения; в нормальных условиях деятельности организации и особенно в условиях кризиса, одним из наиболее важных этапов является заключительный – пост-сопровождение образовательной программы. Только качественная пост-тренинговая работа позволит закрепить навыки, усвоенные в процессе обучения, научиться использовать знания. А ввиду того, что обучение является достаточно затратной процедурой, то и подходить к выбору и использованию образовательных программ работодатели стали более внимательно и ответственно. Оценка эффективности обучения, наконец, так же все чаще становится неотъемлемым этапом программы обучения.[2]

Применение совершенствованной нами модели оценки эффективности обучения позволяет обосновать важность обучения в общей системе работы с персоналом, определить рациональность использования тех или иных методов обучения, выявить недочеты на разных этапах проведения обучения, а значит позволит скорректировать программы для дальнейшей успешной работы компании. Кроме того, качественное проведение обучения позволит достичь главных целей компании – повышение эффективности и качества трудовой деятельности, снижение травмоопасности, рост производительности.

Список использованной литературы
1. Чуланова , О.Л. Компетентностный подход в работе с персоналом: теория, методология, практика: монография / Чуланова О.Л. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 292 с.: 60х90 1/16. - (Научная мысль) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-011696-9

2. Чуланова О.Л., Тимченко Я.А. Корпоративное обучение персонала и методы его оценки: подходы, инструментарий, проблемы и пути их преодоления // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №1 (2016) http://naukovedenie.ru/PDF/13EVN116.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/13EVN116

E-learning и M-learning как формы обучения персонала в стиле Digital

Федотова Э.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Денисов А.М.
МТУ, каф. ОКР в органах гос. власти
fedotova-ela@mail.ru

В связи с быстро изменяющимися внешними и внутренними условиями функционирования организаций, актуальной темой для руководителей стало обучение персонала. Мир не стоит на месте и традиционные методы обучения персонала давно устарели. Для современных работников стало важно быстрое, легкодоступное и качественное обучение. Именно поэтому я хочу рассказать Вам про такие методы обучения, как E-learning и M-learning, которые уже несколько лет успешно используют многие российские организации.

Для начала нужно разобраться, что же интересного в этих методах обучения.

E-learning – это передача знаний и управление процессом обучения с помощью новых информационных и телекоммуникационных технологий. В процессе электронного обучения используются интерактивные электронные средства доставки информации, преимущественно Интернет и корпоративные сети компаний. С момента возникновения E-learning и до сегодняшнего дня он сильно изменился, оброс дополнительными значениями. Так же стоит отметить, что, несмотря на то, что трудно представить хоть одну организацию, которая бы в той или иной степени не использовала E-learning, многие эксперты все равно считают, что должного места в России этот метод обучения не занимает.

Теперь стоит перейти к понятию M-learning. Мобильное обучение тесно связано с электронным и дистанционным обучением, отличием является использование мобильных устройств. Обучение проходит независимо от местонахождения и происходит при использовании портативных технологий. Иными словами, мобильное обучение уменьшает ограничения по получению знаний по таким параметрам как местонахождение и свободное время с помощью портативных устройств. На взгляд автора на сегодняшний момент это самый оптимальный метод обучения персонала в России и за рубежом.

Так как Digital-обучение затрагивает практически все сферы деятельности, поподробнее хотелось остановиться на том, как его используют для обучения персонала различные авиакомпании.

В подтверждение этому можно рассматривать такой аргумент, что E-learning давно уже используются в гражданской авиации стран Западной Европы и США. Известная авиакомпания Delta Air Lines считает, что залогом комфорта и безопасности пассажиров является хорошо подготовленный персонал. По правилам, сотрудники авиакомпании должны регулярно проходить обучение и подтверждать свои сертификаты. Но поскольку для этого, по стандартным правилам обучения, необходимо было бы выделять определенное аудиторное время на подготовку – это приносит сотруднику лишние хлопоты, связанные с перестройкой графика работы и еще больше нагрузкой, что приводит к усталости и отрицательно может сказаться на выполнении в дальнейшем своей основной трудовой функции.

Что же касается российских авиакомпаний, можно сказать, что только недавно такие методы обучения стали применятся, в основном у бортпроводников компании S7.

Без сомнений можно сказать, что у всех работников вне зависимости от их профессии есть желание и потребность в обучении, но не все готовы тратить много времени на то, чтобы посещать лекции или семинары и именно поэтому современные методы обучения так актуальны сегодня.

Развитие системы независимой оценки профессиональной квалификации

Хасянова А.М.
Научный руководитель – доцент, к.э.н Коновалова В.Г.
МАИ, каф. УП
Alfia95@list.ru

В настоящее время в России активно ведется разработка и внедрение профессиональных стандартов. Ключевым вопросом их дальнейшего практического использования является оценка персонала на соответствие требованиям профессиональных стандартов. Работодатель может самостоятельно провести оценку. Однако при этом возникает множество трудностей, а именно: какие критерии оценки и какие инструменты целесообразно использовать, каким должен быть состав оценочной комиссии, как выбрать способы оценки и как понять, успешно ли сотрудник прошел эту оценку. В связи с этим возникла необходимость в создании системы независимой оценки профессиональной квалификации.

Основные правила проведения оценки установлены ст. 4 Закона № 238 ФЗ, в соответствии с которой независимая оценка квалификации проводится центром оценки квалификаций в форме профессионального экзамена. Сейчас в помощь работодателям создаются независимые центры оценки квалификаций (ЦОК), в которых сотрудника смогут оценить как на соответствие требованиям всего профессионального стандарта, так и на соответствие одной или двум трудовым функциям. Советы по профессиональным квалификациям разрабатывают и утверждают оценочные средства, которые в дальнейшем будут использовать независимые центры оценки.

Развитие системы независимой оценки профессиональной квалификации способствует решению ряда проблем в управлении персоналом. При подборе персонала работодатель будет уверен, что кандидат с сертификатом соответствует всем квалификационным требованиям, необходимым для той или иной должности и выполняемым функциям, а также работодателю будет проще предоставить мотивированный отказ в приеме на работу. При продвижении по карьерной лестнице, сокращении и переводах между работником и работодателем часто возникают конфликтные ситуации. Можно рассчитывать на то, что при наличии подтверждения квалификации работников сомнений по поводу обоснованности и объективности подобных решений, а значит, и связанных с ними конфликтов будет гораздо меньше. Независимая оценка также повлияет на оплату труда, оценку и аттестацию сотрудников.

Независимая оценка квалификации является добровольной и для работодателей, и для работников. Пройти независимую оценку работник может и по собственной инициативе для подтверждения своей квалификации, что позволит подтвердить его соответствие занимаемой должности или для продвижения по карьерной лестнице, а также это может помочь ему в трудоустройстве.

Несмотря на то, что система независимой оценки профессиональной квалификации находится в стадии формирования, уже можно выделить ряд связанных с ней проблем. Так, существенным минусом независимой оценки являются значительные материальные затраты. Если работодатель решает оценить сотрудника, то все затраты он берет на себя, а если оценка проводится по инициативе сотрудника, то он сам должен оплачивать ее прохождение.

Еще одной проблемой может стать возрастная дискриминация оцениваемых сотрудников. Так, большинство работодателей не заинтересованы в проведении независимой оценки квалификации сотрудников предпенсионного и пенсионного возраста.

Нерешенной пока проблемой развития системы независимой оценки является и то, что не установлено, кто будет оплачивать оценку квалификаций у выпускников ВУЗов.

Применение технологии виртуальной реальности в процессе подбора персонала

Штыров Д.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Новиков С.В.
МАИ, каф. СУЭО
shtyrovdenis955@gmail.com

Ежегодно в каждой из компаний авиационной отрасли в зависимости от ее размеров проводится от нескольких десятков до нескольких тысяч собеседований. На процесс подбора персонала тратятся значительные средства бюджета организации. В связи с этим возникает проблема сокращения затрат на рекрутмент без ущерба его качеству.

В последнее время широкое распространение получила практика найма сотрудников для работы на удаленном рабочем месте. Но здесь возникает еще одна проблема: как объективно оценить кандидата без личной встречи? На сегодняшний момент эту проблему решают с помощью: онлайн тестов, телефонного собеседования, собеседования по skype и приглашением кандидата приехать в главный офис. Однако все эти методы, кроме последнего, не дают полной картины о кандидате, а приглашать соискателя в главный офис выходит дорого для компаний. Но благодаря активному технологическому прогрессу и появлению технологии виртуальной реальности становится возможным решить эти проблемы. Для сокращения затрат на проведение собеседований и получения целостной картины о кандидатах предлагается проводить собеседования удаленных сотрудников по средствам виртуальной реальности. С помощью данной технологии работодателю в полной мере удастся оценить реакцию соискателей на вопросы, их мимику, жесты и прочие средства невербальной коммуникации. Кроме того, рекрутерам больше не придется расспрашивать кандидатов, как бы они поступили в той или иной ситуации, нанимающие сотрудники смогут воочию наблюдать за тем, как кандидат решает задачи и проблемы в виртуальной реальности. При этом подразумевается, что соискатели смогут свободно передвигаться в виртуальном мире и перемещать объекты.

Особенно большой потенциал этот способ проведения собеседования имеет в авиационной отрасли. Использование виртуальной реальности в процессе подбора позволит оценить в деле навыки соискателя, а также проверить, как кандидат выходит из неординарных или даже чрезвычайных ситуаций. Сегодня для проверки специфичных квалификаций пилотов, водителей, врачей используются дорогостоящие тренажеры и эмуляторы, которые требуют больших затрат на их обслуживание и эксплуатацию. Использование виртуальной реальности в процессе проверки навыков позволит избежать этих расходов.

После того, как кандидат принят на работу, его необходимо познакомить с офисом, представить другим сотрудникам, чтобы он, как можно быстрее, стал полноценным членом команды, однако до сегодняшнего момента это было крайне сложно сделать, если сотрудник был принят на удаленную работу. С виртуальной реальностью этот вопрос становится решаемым. Надев очки виртуальной реальности, новый сотрудник сможет легко зайти в кабинет своего начальника, находящийся в другой части страны или даже на другом континенте, и обсудить детали коммуникации и задачи на ближайший период.

Компании уже начали внедрять эту технологию в процесс рекрутмента. Так, финансовое агентство Lloyds Banking Group заявило о начале использования технологий виртуальной реальности для собеседований. В России к инновационному подходу подбора персонала первым проявил интерес Сбербанк.

Таким образом, можно сделать вывод о широком и эффективном применении виртуальной реальности в процессе подбора персонала. В итоге использование этой технологии позволит снизить затраты на проведение собеседований, проверку квалификаций сотрудников, а также уменьшить время поиска нужного кандидата.

Волонтерство с позиции экономики труда и управления персоналом

Яворская К.И.
Научный руководитель – доцент, д.э.н. Чуланова О.Л.
СурГУ, каф. УП
kristik_yak@mail.ru

Волонтерство (от лат. voluntarius – добровольный) – это масштабный круг деятельности, от традиционных форм взаимопомощи, до официального предоставления услуг и других форм гражданского участия, осуществляемая добровольно на благо общества без денежного вознаграждения. С позиции закона Российской Федерации, добровольцы – физические лица, осуществляющие благотворительную деятельность в виде безвозмездного выполнения работ и оказания услуг. Сейчас в России в связи с постоянным проведением международных спортивных, политических, деловых событий волонтеры стали неотъемлемой частью организационного процесса. Процесс привлечения, обучения, организации работы волонтеров – это особый вид управления человеческими ресурсами, требующий специальных технологий и методик. Вместе с тем следует отметить, что волонтерство в России формируется стихийно, и если раньше работа была организована без необходимого экономического, правового и программного обеспечения, то сейчас появляются новые системы работы с волонтерами, их подготовки и поощрения. Выбирая вид волонтерской деятельности человек, делает акценты как на свои морально-духовные качества, так и профессиональные возможности, что позволяет расширить спектр своих возможностей и быть полезным не только своему работодателю, но еще и обществу вне рабочих часов. А если речь идет о такой категории, как учащиеся старших классов и студенты, то здесь мы сразу видим возможность формирования профессиональных компетенций, посредством дополнительной практики в будущей трудовой деятельности, что позволяет укрепить уже имеющиеся знания, освоить новые стороны деятельность и самое главное – это точно определиться с тем, что выбранная деятельность будет приносить не только стабильный доход, но и удовольствие.

Для организации непрерывного процесса подготовки конкурентоспособных выпускников на базе Бюджетного учреждения высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югра «Сургутский государственный университет» создан Центр волонетров СурГУ, работа которого организована по следующему принципу: за каждым институтом закреплено определенное направление деятельности волонтеров, согласно их будущей профессии, например, за институтом естественных и технических наук - экологическое волонтерство, и все акции касающиеся этого направления ребята берут на себя и реализуют. Также ребята создают собственные акции и проекты, в рамках данной экологической тематики, но здесь они уже развивают не только профессиональные навыки, но также формируют навыки социального проектирования, организации мероприятия, time-менеджмента, event-менеджмента, ораторского искусства и пр. Тем самым. развиваясь в профессиональной сфере и развивая soft-skils, ребята формируют новые знания, развивая hard-skils, что делает их более конкурентными на рынке труда [1,2]. В связи с глобальным развитием добровольчества в России, мы на пороге официального внесения волонтерской деятельности в структуру занятости, как это произошло в странах с развитой экономикой.

Список использованной литературы

1. Чуланова О.Л. Социально-психологические аспекты управления: эмоциональная компетентность руководителя в структуре soft skills (значение, подходы, методы диагностики и развития) // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №1 (2017) http://naukovedenie.ru/PDF/01EVN117.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

2. Чуланова О. Л., Ивонина А.И. Формирование soft-skills (мягких компетенций): подходы к интеграции российского и зарубежного опыта, классификация, операционализация / А.И. Ивонина, О. Л. Чуланова // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. 2017. №. 1 (28).

Энергосберегающие окна как способ уменьшения теплопотерь

Алексашин М.М.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.
МАИ, каф. ЭСиУЭ

Вопросы снижения затрат на отопление и утепления собственного дома с каждым днём становится всё актуальнее. Специалистами доказано, что около 30-35% комнатного тепла уходит на улицу через окна. При этом необязательно, чтобы они были старыми и некачественными. Даже современные пластиковые конструкции в небольшом количестве пропускают тепло через стекло и профиль и вдобавок запускают холодные потоки с улицы.

Одним из наиболее действенных и распространённых методов сохранения тепла является установка энергосберегающих окон.

Энергосберегающие окна — это стекла, которые при помощи нанесение тонкого металлического напыления превращаются в инфракрасные зеркала, отражающие только инфракрасные лучи, не оказывая большого сопротивления видимому свету. Эти стекла называют еще селективными (отражающими только определенную часть диапазона электромагнитных волн), низкоэмиссионными (имеющими низкую излучательную способность) или теплосберегающими.

При выборе обычного окна мы акцентируем внимание на профиле и мало времени уделяем стеклопакету. В случае с энергосберегающим стеклом все совсем наоборот. Большинство своих свойств и преимуществ оно приобретает именно благодаря стеклопакету, а точнее, благодаря одному стеклу. Данное стекло нам знакомо под названием энергосберегающее, энергоэффективное или просто теплое, но профессионалы чаще называют его низкоэмиссионным. Данное название произошло от термина «эмиссионный спектр», которым обозначают интенсивность светового излучения какого-либо объекта. Само слово "эмиссия" в переводе с латинского языка означает «испускание». То есть низкоэмиссионное стекло – это такое стекло, которое испускает минимум излучений. Свои свойства теплое стекло приобретает за счет специального покрытия с ионами серебра, которое не пропускает инфракрасные лучи, а отражает их от себя.

Думаю, теперь понятно, что энергосберегающие окна это по своей сути - зеркало. Отличие в том, что оно отражает не весь свет, а только тепловые потоки. Такое окно пригодится не только зимой, но и летом. С помощью него комната не будет перегреваться в жаркую погоду, ведь ионы серебра не пропускают инфракрасное излучение от солнца, то есть в вашем доме всегда будет комфортная температура: зимой – не холодно, а летом – не жарко.

Современные принципы управления в сфере энергосбережения

Арцимович А.И.
Научный руководитель – к.э.н. Новиков С.В.
МАИ, каф. 505
9266802708@mail.ru

Аэрокосмический комплекс является одним из самых сложных и наукоемких отраслей промышленности, он также является значительным потребителем энергетических ресурсов.

В Российской Федерации величина потребления различного вида топлива, расход электроэнергии при создании единицы продукции в несколько раз превышает эти показатели в других передовых странах мира, что ведет к снижению энергетической безопасности страны и снижению ее экономического роста. Поэтому повышение энергетической эффективности является одной из важнейших задач.

Без принятия программы по энергосбережению во всех отраслях промышленности,

и, особенно, в такой энергоемкой как аэрокосмический комплекс, невозможно дальнейшее современное развитие страны. Поэтому правительством РФ была принята программа снижения энергоемкости ВВП почти на 40% к 2020 году. Для этого нужно выделять большие средства из федерального бюджета.

Энергосбережение — это полезное расходование энергии, при этом последовательно выполняются действия для получения финансовой экономии, сокращения энергопотерь, повышения энергетического потенциала.

Энергоемкость производства — это один из факторов, который определяет конкурентоспособность аэрокосмических компаний на мировом рынке.

Для повышения энергоэффективности в аэрокосмической промышленности необходимо применить комплекс мер. В первую очередь необходимо внедрять организационные меры: энергоаудит, разработка мероприятий по энергосбережению, повышение эффективности технологических процессов, обучение и материальное обеспечение персонала, контроль за исполнением.

Одно из самых острых проблем в отрасли является устаревшее оборудование, поэтому внедрение современных, высокотехнологичных, автоматизированных систем управления (АСУ) жизненно необходимо. Кроме этого следует применять следующие меры: использование отработанного тепла от различного оборудования, внедрение устройств, обеспечивающих повышение КПД электродвигателей, замена изношенного оборудования, перераспределение мощностей в часы наибольших перегрузок, внедрение систем оборотного водоснабжения, выявление и устранение внештатных ситуаций.

Мир сейчас быстро меняется, а также меняется подход к энергетике и методам энергосбережения. Модернизируются не только традиционные методы, но и происходит постепенный переход на экологически чистую энергетику. Все чаще звучит понятие «зеленый подход», т.е. внедрение альтернативных видов энергетики вместо традиционного топлива.

Если брать основные принципы современного управления в сфере энергосбережения, то к ним в первую очередь относятся: переход к безотходным технологиям, энергоэффективность, безопасность, снижение затрат энергии.

Система управления энергосбережением должна включать следующие положения:

1. Энергетическое планирование должно быть основой управления энергосбережением;
2. Мониторинг энергоэффективности всех объектов аэрокосмического комплекса;
3. Госконтроль за выполнением программ по энергосбережению;
4. Стимулирование энергосбережения экономическими и финансовыми мерами.

Во всем мире на первое место сейчас выходит вопрос экологической безопасности энергетики. Это и является современным подходом к производству и управлению.

Гелий-3 — возможный источник энергии в будущем, который становится доступным уже в наши дни

Базанов А.С.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
djeko262@mail.ru

Представим существование безопасного и чистого источника топлива. Всего 35 тонн этого топлива без проблем покроют экономические затраты такой сверхдержавы, как Соединенные Штаты. Речь идет о гелии-три. Этот вид экологического топлива казался лишь проектом будущего, но мы можем использовать его уже и в наши дни. Гелий-три представляет из себя газ, который является результатом воздействия солнечного ветра на поверхность нашего спутника. Земля защищена от этого излучения, но вот поверхность Луны пропитывается им на несколько метров вглубь. Из-за частой бомбардировки луны метеоритами, гелий-три можно обнаружить в перемешанном лунном грунте в виде цельных пластов. Луна излучалась ветром на протяжении не одного миллиарда лет, что обеспечило грунт Луны достаточно большим количеством данного ценного вещества.

Перед нами встает довольно интересный вопрос: как же получить этот гелий на Луне? Как превратить его в топливо? Весь процесс должен состоять из трех основных этапов, а именно: добыча, переработка и доставка гелия на нашу планету.

Чтобы получить сам гелий-три в его чистом виде необходимо убрать из пласта ненужный гелий-четыре, который представляет из себя легкий нерадиоактивный изотоп гелия. Сделать это можно с помощью нагревания пласта до температуры близкой, к 700 градусам. Затем происходит охлаждение и мы получаем чистый гелий-три, ненужные нам газы просто конденсируются из-за такой термической обработки. Затем итоговый продукт необходимо транспортировать на нашу планету. В наши дни уже есть луноход, оснащенный всем необходимым для проведения такой сложной процедуры. Он способен преодолевать огромные расстояния на поверхность луны, собирать платы гелия и обрабатывать их.

Один из известнейших людей наших дней, занимающимся вопросами гелия-три является профессор Джеральд Кульчинстки, работающий на NASA более 20 лет. Профессор считает, что отсутствие молодых кадров в области инженерии может стать большой проблемой для перспективы добычи гелия-три. В наши дни он старается продвигать инженерную специальность во многих институтах, что, правда, осложнено политикой NASA.

После транспортировки гелия на Землю встает вопрос о превращении гелия в его чистом виде в топливо, которое можно использовать по его прямому назначению. Здесь понадобится специальный термоядерный реактор. Находится он в одной из лабораторий профессора Кульчински. Чтобы удержать плазму реактор использует электростатическое поле, а не электромагнитное. Реактор довольно портативный и при этом может проводить до 200 миллионов реакций в секунду. Как правило, для такого реактора необходим 1 киловатт мощности для производства одного милливатта. Отсутствие радиоактивных отходов дает такому производству огромный плюс.

Профессор, изучающий гелий и в наши дни, доказал, что при вложении в его проект, можно получить топливо, которое будет востребовано во всем мире. Уже в ближайшем будущем можно создать международную компанию по добыче и транспортировки гелия-три.

Систематизация энергоменеджмента на промышленном предприятии

Бирюков Г.А.
Научный руководитель – к.э.н. Теплышев Ю.В.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
helpbuka@mail.ru

В настоящее время все «продвинутые» руководители предприятий стараются и стремятся улучшить ведение и управление энергоресурсами, а в следствии повысить энергоэффективность. К сожалению, процесс и само внедрение систематизации энергоменеджмента развивается гораздо медленнее по сравнению с западными странами.

На сегодняшний день повышение качества продукции в системе энергетического менеджмента основывается на требованиях стандарта ISO 50001:2011, поскольку он признан самым эффективным инструментом по опыту лучших мировых практик. В фундамент настоящего стандарта положен «Цикл по постоянному улучшению» Шухарта–Деминга: «Plan – Do – Check – Act» (PDCA). В основу системы входит алгоритмизация и координация процессов энергетического менеджмента. В ISO 50001 установлены требования, применимые к использованию и потреблению энергии, в том числе мониторингу и измерениям, ведению документации и отчетности, проектированию, практике приобретения оборудования, процессам, а также к персоналу, отвечающему за энергетическую результативность.

Требования к системе энергоменеджмента в ГОСТ Р ИСО 50001 включают: общие требования; ответственность руководства; энергетическая политика; энергетическое планирование; энергетические цели и задачи.

«Стандарты играют важную роль в развитии конкретных действий и реализации

целей устойчивого развития. Они применимы ко всем организациям, от больших групп до средних и малых, местным органам власти в развитых и развивающихся странах, и являются источником возможностей для самых маленьких и слабых стран. Они представляют собой решение эффективного осуществления возможностей», заявляет Кевин Мак-Кинли, исполняющий обязанности Генерального секретаря ISO.

Таким образом, можно сделать вывод, что внедрение данного стандарта эффективно, поскольку он подходит для интегрированной системы организации, позволяет одновременно объединить несколько стандартов в единую систему. Важно помнить, что для применения любых инноваций необходимо внедрение или совершенствование уже имеющихся методов управления в организации. Энергетический менеджмент необходимо рассматривать как перспективу развития организации и укрепления ее конкурентной позиции

Возможности использования геотермальной энергии в целях энергосбережения

Брусенцова В.Ю.
Научный руководитель - к.э.н. Теплышев В.Ю.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
BroussVic@gmail.com

Это исследование посвящено возможности использования геотермальной энергии в целях энергосбережения. Быстрое развитие промышленности потребовало новых источников энергии, в частности освоения и развития атомной и топливной энергетики. Это привело к резкому уменьшению углеводородных ископаемых и к ухудшению экологической ситуации. Кроме того остро встает проблема глобального потепления.

Поэтому в начале 21 века возникла задача поиска безопасных и возобновляемых источников энергии, таким, как геотермальная энергия (ГЭ).

Несмотря на расхожее мнение, что геотермальная энергия - это вид энергии, который не заслуживает серьезного внимания, я в своем исследовании пытаюсь доказать, что за ним большое будущее.

Запасы нефти и газа есть не везде, и многие страны зависят от поставок из других регионов, а

- запасы ГЭ практически неиссякаемые и возобновляемые. По оценкам специалистов лишь 1% геотермальной энергии земной коры (глубина 10 км) может дать количество энергии, в 500 раз превышающее все мировые запасы нефти и газа
- ГЭ довольно широко распространена.
- ГЭ независима от времени суток, сезона, погоды;
- использование ГЭ не требует больших затрат, если она расположена близко к поверхности земли. Как показывает опыт, для большинства ГеоТЭС себестоимость электроэнергии соизмерима с себестоимостью электроэнергии, получаемой на угольных ТЭС.
- ГЭ в экологическом отношении совершенно безвредна и не оказывает негативное влияние на среду обитания человека и дикую природу, не создает парникового эффекта

Источниками геотермальной энергии являются сухой и влажный горячий пар, горячая вода, которые можно разделить на 2 типа в зависимости от глубины залегания:

- Первый тип – это природные бассейны горячей воды, пар или пароводяные смеси, расположенные на небольших глубинах.
- Второй тип – это тепло глубоко под поверхностью (возможно при отсутствии воды) Это внутренняя энергия земли (магмы). Если закачать воду в глубинные пласты, то можно получить перегретую воду или пар, которые используют в энергетических целях.

Суммарная мощность геотермальных электростанций в общем объеме на текущий момент незначительна.

Использование геотермальной энергии имеет давнюю историю. Впервые в Италии в 1904 году термальный водяной пар стал источником электроэнергии. В начале 19 века термальные воды, как источник энергии были использованы в США, Японии, Исландии.

Это направление энергетики получало развитие в силу особенностей природных условий, а именно имеются природные источники термальных вод и нет поблизости углеводородных полезных ископаемых. К тому же это относительно дешевый вид энергии.

В начале 21 века геотермальная энергетика начала развиваться стремительно. Американские компании стали мировыми лидерами в этом секторе. В США разработаны специальные правительственные программы по поддержке развития геотермальной энергетики. По оценкам специалистов природные условия США позволяют прогнозировать, что геотермальная энергетика может дать в 30 раз больше энергии, чем потребности страны. Широкое распространение геотермальная энергетика получила в Исландии, Филиппинах, Италии, Японии, Мексике.

Однако ставили стремительно развиваться и дорогостоящие высокотехнологичные проекты ГЭОТЭС. Австралийской компанией GeodynamicsLtd., разработала и внедрила поистине революционные технология строительства ГеоТЭС. В Австралийской пустыне выбрана точка, где температура гранитных пород, залегающих на глубине 4,5 км, достигает 300 градусов. В пробуренную скважину закачивают воду и получают геотермальную энергию. Расчетная мощность этой ГЭОТЭС более 1 ГВт, причем стоимость этой энергии будет вдвое дешевле стоимости ветровой энергии и в 8 – 10 раз дешевле солнечной.

Таким образом, в моей работе доказано, что не только колоссальные запасы геотермальных ресурсов и их возобновляемость , но и успехи в развитии геотермальной энергетики обеспечат ей в будущем значительную долю в энергетике в целом. Сейчас начинается новый этап в развитии энергетики, когда человек начинает заботиться о сохранности уже поврежденной биосферы.

Возможности использования ветра, как возобновляемого источника энергии

Войциховский В.С.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
supermoos2013@gmail.com

В наше время, одной из главных задач для каждого развитого государства в сфере энергетики является поиск альтернативных источников энергии. Ископаемые ресурсы, которые хранятся в нашей земле тысячелетиями, недалеки от истощения, следовательно, благополучие в сфере экономики, да и сама комфортная жизнь человека, напрямую зависит от поиска и изучения возобновляемых энергетических источников.

К таким источникам можно и причислить энергию ветра. Это возобновляемая энергия. Сфера человеческой деятельности, которая занимается получением энергии из ветра называется – ветроэнергетика.

Использование ветра в качестве получения электричества, сейчас широко распространено в технологически развитых странах (Дания, например, получает 10 % своей электроэнергии от энергии ветра). Специфика работы ветровых мельниц такова, что чем больше лопасти и охват воздуха, тем они будут мощнее, а следовательно будут вырабатывать больше энергии. Главное преимущество такой ветровой мельницы состоит в том, что она неисчерпаема, потому что пока существует атмосфера на нашей планете, ветра будут постоянно дуть и тем самым, будут раскручивать эти самые лопасти.

На сегодняшний день у этого вида энергии очень большие перспективы в области развития. Запас такой энергии в сотни раз больше, чем у других энергетических источников по всему миру. Единственная, кто может конкурировать с ветряной энергетикой - это такая же перспективная гелиоэнергетика.

Во многих странах ветра очень постоянны в течение всех сезонов, а устанавливать ветряные станции или отдельные генераторы можно в любых населённых пунктах. Эти генераторы не мешают какой-либо деятельности человека.

Если вы, например, собираетесь использовать ветровые генераторы у себя в быту, то вы обзаведетесь рядом плюсов:

- Вам не потребуется платить за государственное электричество, потому что вы будете способны снабжать себя сами им.

• Появится возможность снабдить почти бесплатным электричеством все бытовые приборы, кондиционеры, водяные насосы, нагреватели воды, отопительную систему, освещение на улице, камеры наблюдения.

• Хозяин мощного генератора может использовать его в коммерческих целях – продажа электричества.

В заключении я хотел бы добавить, что эта энергия считается одной из самых доступных возобновляемых источников энергии в мире. Она в разы дешевле, чем, например, нефть, природный газ, уголь и т.д. Также энергия ветра производится без всяких выбросов или отходов, тем самым оберегая природу от загрязнения, что тоже немало важно. Это и делает её главным выбором для нового производства электроэнергии.

Необходимость применения сертификации «зелёных» зданий

Данилова К.С.
Научный руководитель – к.э.н. Теплышев В.Ю.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
kristi-danilo@yandex.ru

В России 2017 год объявлен годом экологии. Это сделано с целью привлечения большего внимания к вопросам экологичности и последующего принятия мер по её повышению. Поскольку понятия экологичности и энергосбережения связаны, а под энергосбережением понимается реализация как правовых, организационных, научных, так и иных мер, направленных на эффективное использование топливно-энергетических ресурсов, то актуальность экологичности, энергосбережения и энергоэффективности определяется действующими в Российской Федерации законодательными актами и инструментами их применения.

Инструментами выполнения требований законодательных актов являются различные системы и рекомендации по энергетической эффективности зданий. В настоящее время в мире наиболее широко распространены три добровольные системы сертификации зданий: BREEAM, LEED и DGNB. Созданы они в Великобритании, Америке и Германии, соответственно. В связи с этим в России на основе LEEDv.4., 2014 были созданы собственные практические рекомендации по снижению энергоёмкости и повышению экологичности объектов гражданского и промышленного строительства – GreenZoom.

Главным преимуществом GreenZoom перед другими подобными практическими рекомендациями является адаптированность к российским природным условиям, а также к немного иному мышлению среди потенциальных клиентов. Создание и применение этой системы в России способствовало более быстрому развитию идей экологичности и энергоэффективности. Благодаря ей в России широко распространилась концепция «зелёных» зданий и «зелёного» строительства. Так, под «зелёным» строительством следует понимать тот вид строительства и последующей эксплуатации зданий, при котором воздействия объектов недвижимости минимальны, а уровень потребления энергетических и материальных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла здания снижается.

«Зелёное» строительство способствует как снижению нагрузок на различные энергосети, так и снижению затрат по мере эксплуатации здания. Также при «зелёном» строительстве применяются новые технологии, что позволяет сократить негативное влияние на окружающую среду. Таким образом, можно сказать, что строительство должно развиваться в направлении, при котором оно не будет создавать угрозу для окружающей среды.

Тем самым, сертификация зданий по различным системам является не только инструментом повышения конкурентоспособности компаний, проводящих сертификацию своих зданий, но и эффективным инструментом повышения экологичности и энергетической эффективности зданий, что является положительной тенденцией в условиях ухудшения экологии, улучшая её посредством как более широкого распространения идей экологичности, так и применения более нового и эффективного оборудования.

Противоречия, возникающие при энергосберегающих мероприятиях

Ерфилова А.Е.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
ms.erfilova@inbox.ru

Очень часто можно услышать о том, что будущее за энергосберегающими технологиями и альтернативной энергетикой и что нужно отказываться от устаревших технологий и источников энергии. Но не все осознают, что технологии, помогающие экономить деньги и энергию могут навредить окружающей среде и человеку и что отказаться от традиционных источников энергии на данный момент невозможно. Например энергосберегающие лампы, они стоят дешевле обычных, работают дольше и потребляют меньше энергии, но такие лампы являются ртутными, а это значит, что они относятся к первому классу опасности. В каждой ртутной или люминесцентной лампе содержится 20-500 мг ртути. Ежегодно в России используется около 500 млн. ртутных ламп, 100 из которых выходят из строя. И большая их часть выбрасывается на свалку, то есть в итоге в окружающую среду поступает 10т ртути. С позиции глобального загрязнения окружающей среды токсичной ртутью, ртутные лампы представляют серьезную опасность, поскольку при повреждении лампы ртуть очень быстро испаряется. Немало ртути попадает в окружающую среду вместе с выбрасываемыми ртутными термометрами и гальваническими элементами.

Обычные же лампы относятся к пятому классу опасности, а значит являются практически неопасными для окружающей среды. Россия обладает огромным энергетическим потенциалом, на территории нашей страны большое количество рек, полей и мест, где достаточно много солнечных дней в году. Казалось бы, можно там построить гидроэнергостанции, ветряки и солнечные батареи и получать экологичную энергию из неисчерпаемых источников. Однако у каждого из вышеперечисленных вариантов есть недостатки, которые мешают их повсеместному внедрению. Например солнечные батареи, чтобы получить достаточно энергии их нужно достаточно много, это значит, что необходимо выделить большую территорию для установки батарей, низкая эффективность в неясную погоду, сложность использования в регионах с большим количеством осадков, а именно снега, высокая стоимость и, как итог, длительный период окупаемости батарей, солнечные панели генерируют лишь постоянный ток, поэтому для получения переменного тока потребуются дополнительные устройства, энергия вырабатывается лишь в течение светового дня и для ее накопления необходимо будет приобрести аккумуляторы.

Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика безусловны полезны и необходимы, но обладают недостатками, часть из которых человек в настоящее время исправить не в состоянии. Но если продолжать развивать энергетическую отрасль, то, вполне возможно, что следующие поколения смогут эффективно использовать альтернативные источники энергии и забыть о последствиях от использования традиционных источников.

Адаптация персонала предприятий авиационной промышленности

Истратий А.Ю., Козлова Е.Г.
МГОУ
vserivkom@mail.ru

Проблемы обеспеченности персоналом предприятий авиационной отрасли возникли в 90-е годе XX века, что связано было с отсутствием спроса на продукцию и ежегодным недофинансированием отрасли и как следствие резкое сокращение объема оборотных средств. Следствием этого появился разрыв поколений, поскольку самые работоспособные сотрудники в возрастной категории 30-40 лет либо ушли с организаций авиационной промышленности в другие отрасли и сферы экономики, либо покинули нашу страну и переехали за рубеж. Работать на предприятиях остался преимущественно персонал предпенсионного и пенсионного возраста, а молодые специалисты, которые

окончили профильные средние и высшие учебные заведения и выходили трудиться по специальности не могли получить необходимого опыта производства изделий, поскольку многие организации отрасли прекратили разработку и освоение новых образцов. К началу XXI века преемственность кадров на предприятиях авиационной отрасли официально признана катастрофической.

Развитие авиационной отрасли зависит от сохранения и дальнейшего обеспечения преемственности труда высококвалифицированных кадров, а также передачи накопленного опыта и знаний молодому поколению. Внедрение системы наставничества может стать решением этой проблемы, поскольку с одной стороны будет способствовать повышению качества трудовой жизни молодых специалистов и наставников, а с другой снижению затрат на адаптацию новичков. На ряду с этим, наставничество должно помочь удержать более опытных работников, поскольку наставник становится не просто хорошим руководителем, а источником знаний для новичков, способных работать в новой информационно-технологической среде, которые в короткие сроки благодаря этому набираются профессионализма, получают необходимую поддержку на этапе своего вхождения и развития в организации.

Однако результаты проводимой наставником работы проявляются не сразу, поскольку наставничество длительный (лучше непрерывный) процесс. Эффективность наставничества будет минимальна, если уделять ему внимание в течение короткого отрезка времени или только периодически. Получению положительных результатов будет способствовать долгосрочное планирование работы наставника с сотрудниками. Подобные планы должны содержать мероприятия, направленные на повышение профессионального мастерства, лояльности к организации, на мотивацию самого молодого специалиста.

Любое организационное развитие предприятий авиационной отрасли требует инвестиций, в том числе и наставничество. Для наставника следует определить, что обучать молодых сотрудников - это не общественная нагрузка, а привилегия лучших специалистов, за которую он должен получать дополнительное вознаграждение. К критериям оценки размера и вида подобного поощрения можно отнести, во-первых, прибыль, которую приносит молодой сотрудник и которую можно измерить в цифрах, а, во-вторых, уровень мотивации развивающегося специалиста на работу и достижение результатов.

Таким образом, внедрение программ наставничества должны способствовать удовлетворению потребности работников в самосовершенствовании, профессиональном росте и личном развитии и при этом повышать лояльность и степень удовлетворенности работой, что в результате должно сказаться на экономической эффективности функционирования организаций авиационной промышленности в целом.

Основы управления энергосбережением на промышленном предприятии.

Куревина С.С.
Научный руководитель – к.э.н. Теплышев В.Ю.
МАИ, каф. ЭСиУЭ

Энергосбережение в промышленности является одной из самых проблемных отраслей экономики. Особенно актуальным это стало в последние года, так как резко выросла стоимость энергоресурсов. Так же имеют место очень большие потери энергоресурсов.

Расходы ресурсов на производство относятся к эффективности потребления энергоресурсов. Существенного увеличения эффективности потребления топливно-энергетических ресурсов можно добиться путем незначительной экономии энергетических ресурсов и снижением их потерь.

Такие причины как устаревшие технологии, нерациональное использование ресурсов объясняют низкую энергоэффективность предприятий.

Существует ряд мероприятий, выполняя которые можно существенно снизить уровень энергопотребления. Такими мероприятиями являются:

- Установление солнечных батарей на крышах предприятий. Благодаря этому уровень энергопотребления снижется в несколько раз, что поможет сэкономить значительное количество денежных средств;
- Подборка оборудования соответствующей мощности, которое не будет превышать допустимые нормы;
- Замена ламп на светодиодные, а также своевременная чистка световой аппаратуры;
- Переход на энергосберегающие технологии;
- Замена старого оборудования на новое, более энергоэффективное;
- Замена старых батарей на новые биметаллические с регулятором температуры;
- Снижение температуры горячей воды на несколько градусов за счет регулятора температуры воды, что приведет к значительному уменьшению оплаты;
- Также можно установить сенсорные датчики воды и света, что предотвратит нецелевое использование энергии;
- Замена окон на пластиковые с клапаном проверки;
- А также установка доводчиков на двери для предотвращения нерационального расхода тепла.

Таким образом, для экономии энергии на промышленном предприятии нужно в первую очередь перейти на энергосберегающие технологии.

К сожалению, российские промышленные предприятия обращают больше внимание не на значение эффективности энергосбережения, а на удовлетворение производственного процесса.

Зарубежный опыт показывает, что промышленные компании, которые обратили внимание на важность энергосбережения, смогли действительно снизить затраты на энергию более чем на 30%.

Перспективы развития энергосбережения.

Латыпов Э.Р.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
garik1193@mail.ru

В данный момент в России энергосбережение и энергосервис развиваются в положительном направлении, но еще не совсем хорошо как хотелось бы. На сегодняшний день энергоёмкость российской промышленности в три раза выше, чем в среднем, по странам Евросоюза.

Текущее положение энергосбережения в России, до недавнего времени существовали некоторые факторы, препятствующих развитию этой отрасли. Но уже сейчас вопросы по повышению энергосбережению развиваются на государственном уровне. Главной и основной задачей является создание рынка позволяющего развития новых энергоэффективных технологий и на это государство выделяет огромные деньги.

По моему мнению развитие энергосбережения в России должно проходить на фоне зарубежного опыта. Так как у зарубежных стран больше опыта в данной области. Конкретно для России требуется провести работу по проведению фундаментальных исследований, на производство энергосберегающих технологий с осознанием того что в России совсем иной климат и особенности промышленных и жилых объектов.

В свою очередь важнейшие пути энергосбережения в России можно назвать:

1)Улучшение производства, внедрение энергоэффективных технологий (например замена старых станков на более энергоэффективных).

2)Повышение энергоэффективных зданий и сооружения (отопление, вентиляция, охлаждение, горячее водоснабжение).

3)Приучать людей к рациональному потреблению электроэнергии.

Ко всему этому в России энергосбережение требует ввода в эксплуатацию автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии, как в промышленности так и в жилой области.

Потенциал использования грозовой энергетики

Максименка В.Н.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
vmaksimienka@mail.ru

Грозовая энергетика – это способ получения энергии путём поиска и перенаправления молний в электросеть. Использует возобновляемый источник энергии и относится к альтернативным источникам энергии.

Молнии давно привлекают внимание людей. Как только появилась теория электрической природы данного явления сразу возник вопрос – можно ли «поймать» и использовать молнию в мирных целых. Разговоры об этом ведутся уже много лет, но не исключено, что через несколько лет мы наконец увидим действующий образец «сборщика молний».

Согласно исследованиям, максимальное напряжение разряда составляет 50 млн. вольт, а сила тока может составлять до 100 тыс. ампер. Для расчётов измерения молний возьмём цифры ближе к средним для большинства молний – напряжение 20 млн. вольт и ток 20 тыс. вольт. Во время грозового разряда потенциал уменьшается до нуля. Как мы знаем, разряд длится 0,001 секунды. Из расчётов запаса энергии молнии интересно будет узнать стоимость этой энергии при цене 3 рубля за кВт.ч. она составит 166,7 рублей.

Но существуют и несколько проблем. Одна заключается в ненадёжности поставки электричества. Предугадать заранее, где случится гроза, едва ли возможно. Но и ждать её на одном месте очень долго. Только в России средняя частота ударов молний – около 2-4 на квадратный километр. Для их «улавливания» потребуется большое количество молниеотводов. Другая проблема заключается в сборе электричества. Для этого понадобятся высоковольтные конденсаторы большой ёмкости, преобразователи, стабилизирующие напряжения. Но и здесь возникает проблема. Такое оборудование очень дорогое и на опыте они показывали, что неэффективны и убыточны.

Причина малой эффективности кроется, в первую очередь, в природе молнии: при искровом разряде большая часть энергии тратится на нагрев воздуха и сам громоотвод. Кроме того, станция будет работать только летом, да и то далеко не каждый день.

Но пока с такими проектами выступают всё больше изобретатели из США.К примеру, американская компания AlternativeEnergyHoldings сообщает, что собирается осчастливить мир экологически чистой электростанцией, вырабатывающей ток по цене $0,005 за киловатт-час. Как именно в компании намерены собирать энергию разрядов — не указывается. Можно только предположить, что речь идёт о молниеотводах, снабжённых гигантскими наборами суперконденсаторов и преобразователей напряжения. При этом разработчики считают, что электростанция «на молниях» окупится за 4-7 лет.

Электромобиль. Путь в будущее?

Одинцов И.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
ivanandko@mail.ru

Электромобиль, слово ставшее популярным в последние годы. Все говорят об этих устройствах как о спасителях Земли, новом виде передвижения и основном конкуренте устоявшихся видов топлива.

Для начала изучения предмета, предлагаю обратиться к всезнающей Википедии для разъяснения самого термина «электромобиль». Электромобиль- автомобиль, приводимый в движение одним или несколькими электродвигателями с питанием от автономного источника электроэнергии (аккумуляторов, топливных элементов и т. п.), а не двигателем внутреннего сгорания. Довольно простое объяснение, из которого мы получаем следующее – основное различие электромобиля и бензинового автомобиля в том, что первый имеет электрический мотор. Технология электромобилей и вообще

производства автомобилей со встроенным электрическим мотором, будь то гибридные машины или чистые электромобили стала активно развиваться в последние 10 лет. Связано ли это с поднятием цен на нефть, улучшением батарей и электродвигателей или повальной заботой об окружающей среды сказать сложно, скорее всего, все это в каком-то роде и есть одна большая причина, однако заслугу популяризации электромобилей принято приписывать Илону Маску, главе множества компаний, исповедующих «другой подход к жизни», в том числе и TeslaInc. Теслы – это чуть ли не первые серийные электромобили, в которых приятно сидеть и комфортно управлять, и что немаловажно, они идеально походят для рассмотрения электромобилей как класса.

Итак, спасители Земли. Электрокары позиционируют себя как транспорт, который не несет вреда окружающей среде. В конструкции Теслы не предусмотрено место под выхлопную трубу, так как электрический мотор не выделяет никаких выбросов в атмосферу. Машину заставляет двигаться 7104 «пальчиковые батарейки» объединённые в один большой блок питания. Косвенным минусом будет являться то, что электромобиль будет заправляться энергией, которая была получена с нанесением вреда окружающей среде. Но все же напрямую машина нашей планете не вредит.

Новый вид передвижения. Не то что бы это - чистая правда, скорее маркетинговый ход. Принцип работы колес и в целом концепция у машины все та же, что и всех её бензиновых конкурентов. Стоит правда отметить, что за счет отсутствия у Теслы движущего волана дне и бензобака, машина становится просторнее. Ну а мощность мотора на последних моделях позволяет не только не отставать от остального транспорта на дороге, но и обгонять. 2 – 0 в пользу транспорта будущего.

Конкурент Бензина. Конечно, тут и говорить нечего особо, приехать на заправку на такой машине было бы крайне глупо. Однако тут встает другой вопрос: как же тогда заправлять машину? Тут всплывает главный подводный камень, даже скорее ледник. Теслы заправляются или от сети специальных станций (которые в России можно найти только наверно на выставках Теслы и ее партнеров), или от домашней сети, или же заменой батареи. Основная схема, предлагаемая поставщиком для зарядки, такая, купить в комплекте с машиной станцию зарядки. Это фактически удваивает стоимость автомобиля. В этом случае одна зарядка будет стоить примерно 900 рублей, при запасе хода в 250-350 км. Замена батареи же производиться у официального дилера в мастерской, так как все технологии машины не имеют аналогов. Стоит это 60-80 долларов США. Однако, количество мастерских способных сделать это в Москве, можно сосчитать на пальцах одной руки, что говорить об остальной России. Тут мы сталкиваемся с основным минусом этого самого будущего - его нет в настоящем. Когда-нибудь станции зарядки будут более распространены и тогда электромобили станут доступнее. Но пока, к сожалению, эта чудная технология остается игрушкой для богатых или очень прогрессивных, а зачастую эти качества вытекают одно из другого, людей.

История энергосбережения и энергоэффективности в России

Петрова А.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Мыльник А.В.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
petrovaalena_98@mail.ru

Предлогом с целью понимания важности энергосбережения стало формирование интернационального партнерства, в главную очередность с подобными государствами, как Англия, Дания, Франция и т.д. Данные страны с этапа энергетического упадка семидесятых годов лет XX столетия скопили довольно достаточный навык в сфере энергосбережения и выразили готовность поделиться им.

Возросшая динамичность в проблемах энергосбережения требовала формирования нормативно-законной основы. Начало развития основ общегосударственной политической деятельности в сфере энергосбережения РФ положило выход в свет распоряжения Правительства Российский Федерации «О неотложных мерах по энергосбережению в области добычи, производства, транспортировки и использования нефти, газа и

нефтепродуктов» и поощрением Правительством Российской Федерации Концепции энергетической политики Российской федерации.

7 мая 1995 г. был установлен Приказ Президента Российской Федерации № 472 «О ключевых течениях энергетической политические деятели и структурной перестройки топливно-энергетического комплекса Российской Федерации в промежуток вплоть до 2010 года», поставивший во главу угла задачу увеличения производительности применения топливно-энергетических ресурсов. В этом же году Распоряжением Правительства Российской Федерации были одобрены «Ключевые утверждения Энергетической стратегии Российской федерации в промежуток вплоть до 2010 года».

По окончании 90-х годов минувшего столетия появились первоначальные 5 ГОСТов согласно теме энергосбережения. Они должны были стать базой стандартов энергосбережения. В 1998 и 2001 гг. были установлено два федеральных плана, которые в перспективе никак не воплотили себя в абсолютной мощи.

Первый план "Энергоэффективная экономика на 2002-2005 гг. и на перспективу до 2010 г." была подтверждена 17.11.2001 г. Распоряжением Правительства Российской Федерации. Вследствие осуществления плана в топливно-энергетическом комплексе РФ произошли позитивные сдвиги. Однако из-за перебоев в системе финансирования плана в 2006 г. её результативность существенно уменьшились, и он был закрыт Постановлением Правительства Российской Федерации.

Второй государственный план «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» обязан был увеличить продуктивность применения топливно-энергетических ресурсов и сформировать требования с целью перехода экономики государства в энергосберегающий прогресс. Но этот проект функционировал два с половиной года и был упразднён Распоряжением Правительства Российской Федерации в 2013 г. Взамен этого плана был установлен иной проект энергосбережения «Энергоэффективность и формирование энергетики», просуществовавший не более года и в 2014 г. Распоряжением Правительства Российской Федерации был закрыт.

В настоящий момент функционирует новый проект «Энергоэффективность и формирование энергетики» с 2014 г. Её эффективность покажет время, однако в настоящее время можно дать оценку масштабам прогнозируемых итогов: к 2020 г. энергоёмкость ВВП должна опуститься более, чем на 9% по сравнению с уровнем 2007 г. В рамках данного проекта намечается совершенствовать промысел угля, газа, нефти, применение иных источников энергии в индустрии.

Однако до сих пор практически отсутствует единая национальная стратегия в сфере энергосбережения, невзирая на то, что отдельные её части развиваются крайне благоприятно. Кроме того активизируют процедуру энергосбережения:

- увеличение цены энергоресурсов;
- повышение свойства и числа устройств учета энергоресурсов, автоматизирование действий энергопотребления;
- доступность современного иностранного навыка, оснащения и технологий, увеличение свойства продукта отечественных изготовителей и др.

Усовершенствование удельных характеристик энергоэффективности в минувшие года обуславливается в целом единым экономическим подъёмом.

Организация менеджмента в энергосбережении на горнорудном предприятии

Продан И.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
Prodan95@mail.ru

Наша страна богата природными ресурсами, такими как нефть, газ, золото и др. В связи с этим, в стране очень хорошо развиты огромные промышленные предприятия по добыче различных полезных ископаемых. Проблема энергоэффективности, энергобезопасности, энергосбережения сейчас актуальна во всем мире для компаний

различных отраслей промышленности. Актуальность этой проблемы связана с ростом стоимости топлива, увеличения количества потребляемых ресурсов, загрязнённостью атмосферного воздуха, более ужесточёнными требованиями законодательства в области энергопотребления, которые приводят к трудностям и затратам для компаний в сфере энергоснабжения.

Концентрация внимания современных компаний на стремлении повысить их энергоэффективность, снизить энергоёмкость производства продукции и услуг, обеспечить реальное энергосбережение требует новых управленческих инструментов в их деятельности.

Таким образом, на промышленных предприятиях появляется необходимость оптимизировать различными способами расход энергоресурсов. В связи с этим заводы и фабрики становятся заинтересованными в привлечении людей, которые занимаются управлением в энергосбережении. Другими словами, предприятия нанимают энергоменеджеров, чтобы оптимизировать процесс расхода электроэнергии и таким образом сэкономить бюджет, а также уменьшить себестоимость продукта, что в конечном счёте является главной целью.

Энергетический менеджмент позволяет промышленным предприятиям проанализировать текущее состояние расходов на тепло- и электроэнергию, подобрать несколько вариантов плана по оптимизации этих расходов (в зависимости от срока окупаемости, бюджета и др.), где в том числе отражается потенциальная совокупная экономия бюджета в результате проведения тех или иных мероприятий, и выбрать и согласовать подходящий для данного предприятия план, а также провести все необходимые мероприятия по внедрению технологий, которые помогут сократить расходы предприятия.

Энергетический позволяет провести тщательный анализ и учёт всех процессов, осуществляемых организацией, связанных с потреблением энергии, и идентифицировать энергетические аспекты, провести их оценку и установить значимые энергетические аспекты, на которые приходится значительная доля общего энергопотребления и с которыми связан потенциал для более эффективного использования энергии.

Многие согласятся с тем, что в условиях современной действительности энергоменеджмент стал неотъемлемой частью системы модернизации производственных предприятий. Удачное введение энергетического менеджмента в большой степени зависит от отношения к нему руководства предприятия. Значительные эффекты могут быть получены только в том случае, если руководители проявят инициативу. Необходимо равномерно упорядочивать систему управления энергопотреблением во всех её областях: техническом оснащении предприятий, создании структуры и процедуры энергоменеджмента, обучении персонала и т.д.

Определение энергоэффективности промышленного предприятия методом экспресс оценки и присвоение класса энергоэффективности (от E до A++)

Мятишкин Г.В., Прохорова А.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Бирюк В.В.
Самарский университет, каф. ТиТД
Anast.prokhorova@gmail.com

Государственная политика Российской Федерации в области энергосбережения более 20 лет находится в поиске лучших механизмов по формированию и стимулированию экономного потребления невозобновляемых источников энергии. Целый ряд нормативных и правовых документов направлены на повышение энергоэффективности и развитие энергосбережения в стране, создаются стратегии и программы по повышению энергетической эффективности.

Одним из наиболее эффективных методов определения необходимости проведения энергоаудита и внедрения системы энергомеджмента является сравнение предприятия с аналогичными предприятиями отрасли. Конкурентное предприятие, выпускающее

продукцию соизмеримого качества, но затрачивающее меньшее количество топливно-энергетических ресурсов на единицу продукции, имеет явное преимущество. Действенным инструментом при анализе эффективности использования энергетических ресурсов предприятия является метод экспресс-анализа, который позволяет оценить необходимость детального энергетического аудита и сконцентрировать обследование на наиболее значимых областях энергетической системы предприятия. Экспресс оценка и присвоение класса энергосбережения предприятию позволяет сравнивать аналогичные предприятия в разрезе отрасли и наглядно представить возможности для улучшения показателей предприятия по энергоемкости.

Оценка состояния потребления топливно-энергетических ресурсов отдельного предприятия представляет собой сумму индивидуальных показателей по каждому из видов энергии, основанных на их удельном значении в общей сумме расходов предприятия. Основополагающим критерием оценки эффективного использования ресурсов является совокупный стоимостной объем их потребления (в руб.) отнесенный к итоговой стоимости выпущенной продукции, услуг или других единиц производственной, операционной и хозяйственной деятельности. Фактически этот показатель демонстрирует долю затрат на энергоресурсы в составе себестоимости продукции. Дать качественную оценку уровню энергозатрат в себестоимости продукции возможно лишь путем сравнения с аналогами или идентичными видами продукции.

На основе метода экспресс-оценки были проведены исследования 1415 промышленных предприятий 84 субъектов РФ. На основании существующих данных произведена рейтинговая оценка предприятий и назначен класс (рейтинг) энергосбережения.

В результате произведенного расчета основная масса предприятий (70%) сгруппировалась в классе С++, второй по численности класс (25%) – С+. Самый лучший результат (класс В+) смогли достигнуть только 3 предприятия (менее 1 %) из 85 субъектов страны.

Проанализировав полученные результаты, можно сделать выводы о том, что основная масса промышленных предприятий России находится в середине предложенного рейтинга энергосбережения (от Е до А++), что говорит о необходимости реализации энергосберегающих мероприятий и внедрения системы энергоменеджмента.

Возможности и перспективы использования ветроэнергетики

Стародубова О.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Мыльник А.В.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
starodubova-olya1998@mail.ru

Из-за снижения количества полезных ископаемых, человек прибегнул к другим видам источников энергии. Атомные станции, невзирая на свою достаточно высокую эффективность, продолжают настораживать человечество загрязнением природы. Наверно поэтому, люди сосредоточили свое внимание на природных источниках энергии, таких как солнце и ветер. Именно поэтому, ветровая энергетика в наше время очень развита.

Так что же такое ветроэнергетика? Ветроэнергетика – это отрасль энергетики, которая специализируется на переустройстве кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, солнечную или в любую другую форму энергии, с целью благоприятного использования в народном хозяйстве.

Так как ветряная энергетика сейчас очень популярна, много людей стало сталкиваться с данными источниками и использовать их в своей повседневной жизни. Но установить ветряную электростанцию в каком угодно месте не удастся. Для этого подойдут только лишь те участки, где прослеживаются непрерывные и мощные ветра. Электростанцию допускается создавать как в едином экземпляре, так и в отдельном количестве, объединенном в энергокаскад станций. Подобные сети станций называют ветряными фермами, и в данном случае некоторое количество ветряков работают для одного энергоблока. Исключительно по этой причине, достигается предельный

энергетический эффект при значимой экономии в постройке и оснащении.

Ветроэнергетика имеет достаточное количество преимуществ. Самое значимое из них это то, что производство энергии из ветра не приводит к выбросам вредных веществ в атмосферу или образованию отходов, так же ветряные станции просты в обслуживании, у них быстрая установка, низкие затраты на техническое обслуживание и эксплуатацию. Но существуют и недостатки. Довольно-таки значимый минус ветряных станций – это невозможность четкого прогноза, какое количество электроэнергии будет приобретено в конкретный момент времени. Угадать, с какой силой будет дуть ветер, и будет ли он дуть вообще, к сожалению, невозможно. Поэтому при ведении этого типа бизнеса имеются риски. Их возможно уменьшить, в случае если основательно проверить местоположение станции в период её планирования.

Кроме этого следует отметить и то, что сильные ветростанции оказывают влияние на окружающую нас среду: нагревают почву и оказывают большое влияние на климат.

Исследования, проведенные в США, показали то, что увеличение среднесуточной температуры на территории мощной ветряной станции за 9 лет составил 0,72 градуса Цельсия. При этом эксперты связывают подобный температурный скачок с тем, что в промежуток проведения исследований с 2003 по 2011 года, число «ветряков» на станции увеличилось. Согласно их мнению, при стабильном числе конструкций увеличение температуры должно замедлится.

Перспективы развития рынка электромобилей в России

Суровцев В.А.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Голов Р.С.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
Krotnepoet1@gmail.com

Мировой рынок электромобилей переживает состояние, которое можно обозначить таким фразеологизмом, как затишье пред бурей. Внедрение альтернативного вида топлива на рынок массового потребления автомобилистами, на данный момент сложно назвать успешным. Если рассматривать график продаж электромобилей, то можно увидеть, что следом за крупным приростом рынка в 2015 году, которое составляло около 70%, следовало и падение в 30%. Вместе с этим, интерес к такого рода автомобилям не прекращает свой весенний рост и постоянно подогревается средствами массовой информации ввиду не беспричинной тенденции на трендирование зелёной энергетики. Крупные автомобильные компании, такие как Volkswagen, Nissan, TeslaMotors и многие другие, делают ставку на электрокары в качестве инвестиций и направления вектора своего развития. В Российской Федерации, развитие рынка электромобилей осложнения рядом негативных факторов, с которыми дистрибьютерам придётся работать и находить пути выхода из сложившейся ситуации. Стоит выделить три основных: ограниченная функциональность, инфраструктура и высокая себестоимость. В большинстве своём эти факторы напрямую взаимосвязаны и как следствие взаиморешаемы. Под ограниченной функциональностью имеется ввиду запас хода. На данный момент, 500 километров являются максимумом для электромобилей, при среднем числе в 200 километров. Данная характеристика является приоритетной среди покупателей данных автомобилей. Не возможность совершать поездки на дальние расстояния и риск полного разряда аккумулятора раньше, чем пользователь сможет его зарядить создаёт весомый аргумент против, у потребителя и как следствие у инвесторов. Для владельцев личного средства продвижения важно иметь инфраструктуру, соответствующую его уровню потребности. Для электрокаров это в первую очередь заправочные станции. Ввиду сравнительно не высокого запаса хода, сеть заправочных станций просто необходима для развития электрокаров. 27 августа 2015 года было принято постановление правительства РФ №890, которое обязало владельцев АЗС устанавливать зарядки для электрокаров. В силу высокой себестоимость электромобилей, их рыночная цена значительно выше, чем у бензинового аналога. Это создаёт элитарный характер данного сегмента и осложняет становление продукта массово-востребованным на рынке. Преодоление этих факторов отрывает

возможность для извлечения колоссальной прибыли в долгосрочной перспективе. Привлечение крупных инвестиций позволит монополизировать данный сегмент на ещё не сформированном рынке России и пролоббировать технологию, активно разрабатываемую и продвигаемую на международном рынке. Компания TeslaMotors планирует построить сеть заправочных станций для своих электромобилей на территории России, а именно в Санкт-Петербурге, Великом Новгороде, Твери и Москве. Тем самым компания создаёт транзитный коридор для автомобилей, топливом для которых является электричество, решая одну из главных проблем внедрения данного товара на рынок. Русские инвесторы же не торопятся вкладывать деньги в создание жизненно необходимой инфраструктуры для развития сегмента.

Экономическая эффективность мероприятий по энергосбережению на предприятиях

Торопцева А.В.
Научный руководитель – ассистент Рукина Е.И.
МЭИ, каф. ЭЭП
toroptzeva@mail.ru

Одно из приоритетных направлений государственной политики России – это сокращение потребления энергетических ресурсов, при сохранении того же уровня энергообеспечения промышленных предприятий и повышение энергоэффективности.

Развитие энергетической отрасли всегда считалось задачей первостепенной, поэтому инвестиции в энергетику имеют стратегическое значение. Без притока капиталовложений невозможно развитие любой отрасли, тем более такой важной.

Нерациональное использование энергии сказывается не только на себестоимости производства, но и приводит к штрафным санкциям за несоблюдение норм и правил охраны природных ресурсов. Реализация региональных программ по развитию энергосбережения и повышению энергетической эффективности в перспективе имеет долговременный характер, что объясняется в потребности изменения рыночных отношений энергоносителей, а также необходимостью замены производственных и технических механизмов на инновационные энергосберегательные технологии.

Экономное расходование предполагает комплексную систему, связанную с сокращением энергозатрат путем выполнения энергоэффективных мероприятий на предприятиях. Разработка таких мероприятий проводится для каждого объекта индивидуально.

Деятельность предприятия ГУП «Москоллектор» направлена на обеспечение техусловий для эксплуатации всех находящихся в коллекторах связей. Подземный коллектор представляет из себя многокилометровое железобетонное сооружение, предназначенное для укладки в нем различных коммуникаций, таких как кабели связи и спецсвязи, электрокабели, водопроводные трубы, трубопровода системы теплоснабжения.

В рамках выполнения программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности ГУП «Москоллектор» выполняет комплекс мероприятий, обеспечивающий повышение энергоэффективности и экономию энергетических ресурсов. К ним относятся: организационные мероприятия, мероприятия, нацеленные на экономию электрической и тепловой энергии, и на экономию воды.

В результате осуществления мероприятий на одном из объектов был проведен перевод системы отопления и горячего водоснабжения на теплоснабжение от электричества, что привело к снижению потребления энергоресурсов на 93,73%. Общая экономия проекта, с учетом затрат на закупку оборудования, составила 4 190 тыс. рублей.

Формирование целостной и эффективной системы управления энергосбережением является важным ориентиром для повышения экономического развития страны и укрепления ее позиций на международном энергетическом рынке.

Менеджмент в энергосбережении на промышленном предприятии

Хамзина А.Т.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Голов Р.С.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
adelina-088@mail.ru

На данном этапе развития экономики в Российской Федерации повышение энергетической эффективности является одним из приоритетных направлений. Потенциал области энергосбережения настолько велик, что с каждым годом все больше государств, корпораций и крупных компаний интересуются проблемой роста энергоемкости и принимают активное участие в разработке новых средств, которые смогут поднять энергоэффективность на новый уровень.

В последнее время в России наблюдается тенденция роста потерь энергетических ресурсов при транспортировке тепловой и энергетической энергии. В результате таких больших потерь завышаются тарифы, а это, в свою очередь, приводит к тому, что все предприятия вынуждены повышать цены на свою продукцию из-за неимоверно высокой себестоимости. Следующим делом средние цены на продукты на рынке повышаются, а это, в свою очередь, приводит к понижению покупательной способности. Таким образом, страдает вся экономика страны.

Больше всего от повышения тарифов на энергоресурсы страдают промышленные предприятия, поскольку они являются энергоемкой областью производства, в которой вследствие все более частого морального и физического износа основных фондов происходит ощутимое увеличение потребления энергетических ресурсов. Таким образом, на промышленных предприятиях появляется острая необходимость оптимизировать расход энергоресурсов. В связи с этим заводы и фабрики становятся заинтересованными в привлечении людей, которые занимаются управлением в энергосбережении. Другими словами, предприятия нанимают энергоменеджеров, дабы оптимизировать процесс расхода электроэнергии и таким образом сэкономить бюджет, а также уменьшить себестоимость продукта, что в конечном счете является главной целью.

Энергетический менеджмент позволяет промышленным предприятиям проанализировать текущее состояние расходов на тепло- и электроэнергию, подобрать несколько вариантов плана по оптимизации этих расходов (в зависимости от срока окупаемости, бюджета и др.), где в том числе отражается потенциальная совокупная экономия бюджета в результате проведения тех или иных мероприятий, и выбрать и согласовать подходящий для данного предприятия план, а также провести все необходимые мероприятия по внедрению технологий, которые помогут сократить расходы предприятия.

Многие согласятся с тем, что в условиях современной действительности энергоменеджмент стал неотъемлемой частью системы модернизации предприятия. Удачное введение энергетического менеджмента в большой степени зависит от отношения к нему руководства предприятия. Значительные эффекты могут быть получены только в том случае, если руководители проявят инициативу. Необходимо равномерно упорядочивать систему управления энергопотреблением во всех ее областях: техническом оснащении предприятий, создании структуры и процедуры энергоменеджмента, обучении персонала и т.д.

Использование энергосберегающих эскалаторов

Ходжич Э.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.
МАИ, каф. ЭСиУЭ
elvis.96@mail.ru

В настоящее время наибольшее внимание уделяется проблеме экономии энергетических ресурсов, а также электрической энергии. Таким образом, Федеральный Закон от 23.11.2009 № 261 – ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической

эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» устанавливает необходимость проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

На мой взгляд, одним из самых лучших решений данной проблемы является замена старых эскалаторов метрополитена на новые «энергосберегающие». Данные эскалаторы оснащены датчиками движения. Если пассажиров на эскалаторе нет, то они автоматически замедляются, но как только к подъёмнику кто-то подходит, эскалатор сразу же начинает движение. В случае если пассажиров нет долгое время, то эскалатор может полностью остановиться. Таким образом, энергопотребление таких эскалаторов значительно ниже, чем у старых моделей эскалаторов, а за счет этого срок эксплуатации возрастет до 50-70 лет.

Преимуществом является то, что у новых эскалаторов значительно уменьшены зазоры, прекрасное натяжение поручня, а также натяжной станции, что делает эскалаторы гораздо безопаснее. Данные эскалаторы полностью соответствуют требованиям правил устройства и безопасной эксплуатации эскалаторов (ПБ 10-77-94). Помимо этого, безусловными преимуществами эскалаторов являются инновационные опции, а именно: радар как альтернатива фотоэлементам и контактным матам; акустический мониторинг гребенки входной площадки взамен оптического мониторинга; автоматическая очистка ступеней, а также эко-цепь с самоочищающейся направляющей для плавного движения. В настоящее время, в Москве уже функционируют энергосберегающие эскалаторы на МЦК, а также на станциях «Котельники», «Парк Победы» и «Деловой центр» Московского метрополитена.

Надо сказать, что технический уровень и уровень безопасности оборудования достаточно высок, это позволяет сделать вывод, что эскалаторы – одно из самых безопасных средств передвижения. А такие инновационные технологии, как «система автоматического самоочищения ступеней» облегчают жизнь отдельным сотрудникам эскалаторной службы Московского метрополитена.

В заключение хочется сказать, что эскалатор метрополитена предполагает колоссальную нагрузку изо дня в день, поскольку ежедневно около 20 часов, а также 7 дней в неделю идет беспрерывная работа эскалаторов, но при этом, срок эксплуатации должен составлять не менее 50 лет, таким образом, данная система энергосбережения необходима для улучшения функционирования и снижения энергопотребления.

Секция «Финансовый менеджмент»

Управленческий учет на предприятиях авиационной промышленности с применением принципов БФО и МСФО к выделению центров финансовой ответственности

Алексахина Н.С.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Никулина Е.Н.
МАИ, каф. 508
fox1993@mail.ru

На этапе бизнес-процесса бюджетирования необходимо выделить подразделения, которые выполняют обособленные функции и в связи с этим получают определенные доходы и осуществляют расходы. ЦФО координируют процессы составления своего бюджета с другими ЦФО по тем статьям, которые каким-либо образом зависят от показателей их деятельности, но на выходе получаем ЦФО как продукт его работы по планированию своей деятельности на предстоящий период времени. Консолидированный бюджет обеспечивает общий взгляд на планируемую работу компании в будущем периоде и позволяет устранить расхождения между планами разных отделов.

В БФО основой для выделения ЦФО могут служить: производимая продукция, основные покупатели (заказчики продукции), географические регионы, структурные подразделения организации. На отчетные ЦФО (далее сегменты) должно приходиться не

менее 75% выручки от продаж. Если на отчетные сегменты приходится менее 75% выручки, то должны быть выделены дополнительные отчетные сегменты независимо от того, удовлетворяет ли каждый из них в отдельности условиям.

В IFRS 8 (Операционные сегменты) говорится, что предприятие в отчетности должно раскрывать информацию, позволяющую пользователям его финансовой отчетности оценить характер и финансовые последствия деятельности, которую ведет предприятие, и экономический среды, в которой оно ведет свою деятельность. Операционные сегменты, которые не соответствуют ни одному из количественных порогов, могут считаться отчетными и раскрываться отдельно, если руководство полагает, что сегментная информация была бы полезна для пользователей финансовой отчетности. Подобные группировки удобны менеджерам, так как она представляет организованную структуру в виде набора сегментов, каждый из которых отвечает за определенные статьи доходов, расходов, активов и пассивов предприятия. Для каждого ЦФО можно сформировать задачи, права и показатели, тем самым комплексно повысить эффективность управления.

Если к предприятиям авиационной промышленности применить вид раскрытия по продукту и услуге то, должны отражаться доходы (расходы) по каждому продукту и услуге, или в их группах. Суммы отраженных в отчетности доходов должны основываться на финансовой информации, которая использовалась при составлении финансовой отчетности предприятия. В основу финансовой информации лягут: затраты на основное производство (счет 20) с учетом субсчетов по каждому виду продукции; общепроизводственные затраты (счет 25) с учетом выбранного метода распределения затрат, а именно распределению пропорционально сумме прямых затрат на выпуск каждого вида продукции; общехозяйственные затраты (счет 26) распределятся аналогично общепроизводственным затратам. Также необходимо учесть информацию по счетам 23 «Вспомогательные производства» и 29 «Обслуживающие производства и хозяйства» в случае, если ими производилась продукция на сторону. Данные производства и хозяйства тоже является ЦФО, если они удовлетворяют поставленным выше условиям.

Данный способ удобен менеджерам для подсчета цены разных видов продукции затратным методом ценообразования, так как цена формируется как издержки плюс прибыль.

Оценка кредитоспособности предприятий в современных условиях

Гончарова М.А.
Научный руководитель – профессор, д.э.н., Путятина Л.М.
МАИ, каф. ПМ
marina95-95@mail.ru

В настоящее время в условиях экономических санкций, активного импортозамещения, а также резкого ограничения финансовых средств повышается роль кредита и его рычагов в управлении производством. При этом оценка кредитоспособности предприятий-заемщиков определяет основы организации кредитных отношений в банковской системе.

Однако и банк и предприятие-заемщик являются равноправными партнерами, самостоятельно и в полной мере отвечающими за эффективность своей деятельности. Это предполагает поиск новых организационно-экономических форм взаимоотношений банков с их клиентами в процессе кредитования.

Каждый банк, создавая картотеку своих предприятий-заемщиков, использует свою методику оценки их кредитоспособности, которая в общем случае состоит из следующих этапов:

I этап. Определение показателей кредитоспособности предприятия, например,- коэффициент покрытия; коэффициент абсолютной ликвидности; доля собственных оборотных средств в активах; рентабельность продаж (оборота), рентабельность активов и многие другие.

II этап. Создание шкалы критериальных уровней для определения класса кредитоспособности предприятий-заемщиков. Для этого все предприятия относят к определенным группам, например, по одной отрасли, или по размерам, величины активов, численности работающих и т.д. Внутри каждой группы устанавливаются пределы изменения выбранных ранее показателей с целью распределения их по классам.

III этап. Определение рейтинга кредитоспособности предприятия. Система показателей может быть сведена к единому показателю – рейтинг предприятия, который определяется в баллах. При этом используется система рейтинговых оценок отобранных ранее показателей, которая позволяет ранжировать все показатели по их значимости для оценки кредитоспособности предприятия. При определении рейтинговых оценок показателей должно выполняться условие – сумма рейтинговых оценок всех показателей должна быть равна 100.

Рейтинг показателей, т.е. их значимость в системе используемых показателей определяется экспертом в зависимости от: политики банка, особенностей клиента, ликвидности его баланса и других факторов.

IV этап. Оценка класса кредитоспособности предприятия.

Для оценки класса кредитоспособности предприятия, в соответствии с выбранными показателями, используется определенная шкала. Предприятия первого класса кредитоспособности являются более привлекательными для банка и им всегда отдается предпочтение и по срокам предоставления кредита и по сумме средств.

V этап. Анализ динамики изменения значений используемых показателей, рейтинга предприятия и класса его кредитоспособности. Предприятие может с течением времени повышать свой рейтинг и класс кредитоспособности, а может понижать.

При проведении расчетов необходимо учитывать, что одинаковый класс кредитоспособности (сумма баллов) часто достигаются предприятиями под влиянием различных факторов. Поэтому, кроме принятых показателей и их динамики иногда требуется факторный анализ класса кредитоспособности предприятия, который позволяет избежать ошибок при проведении кредитной политики.

Принципы применения удельных показателей капитальных и эксплуатационных затрат на аэрокосмических предприятиях

Дианова Е.В., Дубинский М.О.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Калошина М.Н.
МАИ, каф. 508
dandev1977@mail.ru, maksimd55@mail.ru

Высококонкурентность авиационной промышленности и закрепление ее позиций на мировом рынке определяется наличием самостоятельных организаций, характеризующихся производством востребованной на внутреннем и мировом рынках продукции, ее сопровождаимостью на всех этапах жизненного цикла, стабильностью финансового положения и наличием частных инвестиций.

Для повышения эффективности таких организаций, требуется проводить оценку и оптимизацию затрат организаций. В настоящее время всё острее ощущается необходимость в использовании достоверных методов в оценке затрат, многообещающим подходом является методология нормирования, которая при анализе данной проблемы преобразуется в процедуру формирования и системной оценки: удельных эксплуатационных затрат, удельных капитальных вложений, удельных затрат на непредвиденные расходы и удельную прибыль.

При использовании такого подхода, количественная связь между технологическими решениями, направлениями и элементами затрат сможет помочь учесть особенности авиационной промышленности, а также позволит установить закономерности затрат на основе статистических данных многофакторного регрессионного анализа.

Предлагается удельные капитальные вложения, удельные эксплуатационные затраты, удельные затраты на непредвиденные расходы и удельную прибыль рассчитывать (не считая традиционных подходов - на единицу выпускаемой продукции (в

рублях, кубометрах, нормо-часах), мощности, себестоимости, прибыли, численности промышленно-производственого персонала, производительности труда, фонда оплаты труда и другие) также на единицу:

– привлеченных и собственных средств;

– критериев эффективности;

– процентных обязательств по кредитным для определения нагрузки по обязательствам на каждый вариант направления (объект) развития компании;

– акционерного капитала для анализа влияния развития рассматриваемого направления деятельности на стоимость компании.

Сформированные показатели удельных эксплуатационных затрат, удельных капитальных вложений, удельных затрат на непредвиденные расходы и удельной прибыли, относительно направления деятельности или объекта анализа, позволят построить интегрированную конкурентоспособную экономико-математическую модель, учитывающую зависимость удельных показателей от темпов роста соответствующего вида производства.

Предлагаемая модель позволит анализировать деятельность организаций, выявлять направления ухудшающие эффективность и принимать управленческие решения на различных этапах, позволит определить пути повышения экономической эффективности рассматриваемых проектов.

Применение бизнес-модели низкобюджетных перевозок как фактор повышения конкурентоспособности воздушного транспорта

Евстифорова Д.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Немчинов О.А.
Самарский университет, каф. ОУПТ
darina.dasha96@mail.ru

Воздушный транспорт в единой транспортной системе занимает особое место, так как он способен не только выполнять транспортирование пассажиров и грузов в короткое время на значительные расстояния, но и осуществлять целый ряд работ, необходимых для отраслей экономики страны, которые не могут выполняться другими видами транспорта. В связи с этим, выявление путей повышения экономической эффективности производственной деятельности авиатранспортных предприятий является особенно актуальной сферой.

В рамках исследования рассматривается опыт функционирования, так называемых «low-cost» авиакомпаний, которые оказали значительное воздействие на рынок воздушных перевозок, но степень и характер этого влияния в значительной степени зависит от страны и региона.

В работе проведён анализ основных характеристик авиакомпаний, работающих по бизнес-модели низкобюджетных перевозок. Одним из ключевых факторов развития рынка низкобюджетных авиаперевозчиков является выбор преимущественных аэропортов для реализации своих услуг. Оценка аэропортов осуществляется по уровню величины ставок авиационных сборов и тарифов, взимаемых с авиаперевозчиков. Подобный анализ проведён по каждому федеральному округу РФ. В каждом из них выявлены наиболее привлекательные для «low-cost» перевозчиков аэропорты.

В качестве примера расчёта базовой стоимости тарифа на перевозку пассажиров рассмотрены затраты на выполнение рейса Челябинск – Казань – Челябинск, для популярного среди низкобюджетных авиаперевозчиков воздушного судна Боинг 737-800, отдельно для традиционной и низкобюджетной авиакомпаний. Пункты отправления и назначения выбраны по результатам проведённого анализа аэропортов РФ.

Стоимость рейса складывается из постоянных и переменных расходов.

Было определено месячное значение общей себестоимости выполнения рейсов, как сумма постоянных расходов, переменных расходов и прочих общехозяйственных расходов. Все слагаемые для упрощения вычисления были приведены к одному периоду расчёта (месяц). В связи с этим, непосредственное влияние на уровень конечного базового

тарифа окажет налёт воздушного судна, оцениваемый через количество выполняемых рейсов за период. В нашей задаче традиционная компания при полётах в удобное для пассажиров время в месяц будет осуществлять 125 рейсов. Низкобюджетная авиакомпания, в силу политики интенсивного использования воздушных судов (осуществление полётов круглосуточно), по тому же маршруту будет выполнять 186 рейсов.

Таким образом, для традиционной авиакомпании общая себестоимость выполнения заданного количества рейсов по рассматриваемому маршруту составила 100 566,518 тыс. руб. в месяц, для низкобюджетной авиакомпании – 90 189,665 тыс. руб. в месяц.

Пассажирский тариф (учитывая величину общих издержек на одного пассажира и рентабельность в 10%) для традиционной авиакомпании составил 3 589 руб., для низкобюджетной авиакомпании – 1 665 руб.

Как видно из полученных расчётов, за счёт определенных мероприятий, проводимых авиакомпаниями, функционирующими в сегменте низкобюджетных перевозок, возможно снижение конечной стоимости авиабилета, т.е. увеличение конкурентоспособности как отдельной авиакомпании, так и воздушного транспорта в целом.

Особенности финансовой логистики на предприятии

Максимов А.С.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Зубеева Е.В.
МАИ, каф. ФМ
sasha1996_07@inbox.ru

На сегодняшний день экономическая ситуация в нашей стране характеризуется как достаточно нестабильная и в таких условиях российские предприятия вынуждены искать более эффективные методы управления своей деятельностью. В качестве одного из наиболее рациональных и эффективных методов можно выделить логистику, которая позволяет значительно повысить эффективность управления как финансовыми, так и материальными потоками организации и позволит ей занять более уверенное положение на рынке.

Отвечая на вопрос «что такое логистика?», мы обычно ограничиваемся тем, что это процесс поиска и организации наиболее быстрого, дешевого и рационального пути доставки товаров или услуг до их потребителей. Однако движение финансовых потоков тоже требует управления. Разработкой быстрых и выгодных путей перемещения денежных средств, способных привести к максимизации прибыли занимается финансовая логистика. Неправильно рассматривать движение финансов, как нечто второстепенное после материального потока. Оно наоборот является механизмом управления материальными потоками предприятия. Логистика финансовых потоков заключает в себе систему способов, средств и инструментов способствующих оптимизации финансового потока предприятия.

Финансовая логистика является инструментом, который позволяет в значительной мере повысить эффективность использование капитала. Элементы финансовой логистики в своей совокупности формируют баланс предприятия и его составные части. Это наличные денежные средства в кассе, дебиторская задолженность, уровень запасов, недвижимость, основные средства, оборудование, текущие платежи. При разработке схемы движения материальных ресурсов просчитывается несколько различных вариантов организации движения финансового потока. Эти варианты различаются по стоимости их реализации и уровню риска. Основываясь в первую очередь на финансовых показателях, позволяющих сопоставить между собой ряд разнородных оценок, следует принимать такие решения, как определение списка поставщиков, способов оплаты транспортных и посреднических услуг, выбор варианта наиболее оптимального использования складских помещений. При управлении финансовыми потоками большое значение имеет финансовое планирование. Своевременное выполнение финансового плана гарантирует

выполнение производственного плана и оперативный сбыт продукции, что способствует максимизации прибыли.

Таким образом, финансовые потоки имеют огромную значимость при учёте, планировании и координации движения финансовых ресурсов предприятия. И для грамотного управления ими необходимо соблюдать следующие требования:

- финансовые ресурсы должны быть в наличии в срок и в достаточном объёме;
- необходимо обеспечить надёжность источников финансовых ресурсов;
- привлечение и распределение финансовых ресурсов должно быть рациональным;
- финансовые, материальные и информационные потоки должны быть согласованы на всех этапах движения товаров и услуг;
- должна быть обеспечена возможность оперативного внесения изменений в схемы движения потоков при изменении условий среды.

Роль современного кино в пропаганде значения освоения космоса

Митрофанова Е.В.
Научный руководитель – доцент Чирикова О.Б.
МАИ, каф. 002
kateestate40@rambler.ru

«And the Oscar goes to…»

Ежегодно эта фраза предваряет вручение главной кинонаграды. Мир хочет знать, кто лучше всех рассказывает нам истории успеха или краха, к чему мы будем стремиться и чьи манеры будем копировать. «Фабрика грез» - меткое определение, причем не только Голливуда, а кино в целом.

«Интерстеллар», «Марсианин», «Гравитация» - самые звучные премьеры за последние годы на тему космоса и его освоения. Они собирают кассу на сотни миллионов долларов по всему миру. Неизведанное манит и завораживает. Откуда взялось человечество? Есть ли разумная жизнь вне Земли? Когда будет контакт с иной цивилизацией? Может ли стать другая планета домом для землян? Вопросов после просмотра этих фильмов появляется все больше, они заставляют мыслить, искать.

К сожалению, Россия в последние годы теряет позиции в космической отрасли. Станция «Мир» давно затоплена, аварии при запусках случаются все чаще, значимых прорывов практически нет. Даже исключительно позитивное событие - строительство космодрома «Восточный» - звучит в основном в негативном контексте - срыв сроков, недоделки, воровство. По опросу фонда «Общественное мнение», проведенном в августе 2016 года, только 33% респондентов признают за Россией лидирующую позицию в освоении космоса. В сравнении с аналогичным опросом 2008 года таких людей стало почти вдвое меньше.

Слово «пропаганда» зачастую звучит в негативном контексте. На государственном уровне продвигается множество идей. Тема космоса при этом незаслуженно забыта. За последние годы сняты фильмы «Космос как предчувствие» и «Гагарин. Первый в космосе». Я не буду брать на себя роль кинокритика, но большого отклика фильмы не получили. Первая из вышеназванных картин режиссера Алексея Учителя получила множество наград на отечественных фестивалях, стала предметом дискуссии хотя бы в узких кругах. Вторая картина оказалась менее успешной.

А теперь сравните с советским периодом. Юрием Гагариным гордился буквально каждый соотечественник. Его знал и знает весь мир. Даже в дешевых голливудских боевиках, например, в «Рокки», улыбка летчика стилизована «под Гагарина», потому что образ узнаваем. А в СССР знали не только его. Портреты космонавтов были на стенах в школах, буклеты и книги - во многих домах. Космонавтов приглашали на встречи, митинги, в телепередачи.

Фильмов, правда, на эту тему снято не много. Но тяжелый для восприятия «Солярис» Андрея Тарковского тогда стал культурным событием не только для научных

кругов. Его до сих пор цитируют и числят в качестве полотна, сформировавшего мировоззрение, многие режиссеры, физики, космонавты.

С целевой аудиторией нужно говорить на понятном языке. Когда идею хочется донести до миллионов, кино - одно из самых выразительных средств. Будущее за космической отраслью. Думаю, эта простая истина не требует пояснений. И страна только выиграет, если этой темой будет интересоваться каждый ее житель.

Повышение контроля качества продукции посредством внедрения нового оборудования

Орлова М.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Степнова О.В.
Ступинский филиал МАИ, каф. ЭУ
Pismo_marinke94@mail.ru

Современное состояние технологии – это постоянное, безостановочное движение вперед. В общем случае, новые технологии и способы обработки заготовок позволяют обеспечивать высочайшее качество и долговечность выпускаемого продукта, а жесточайшая конкуренция на рынке не оставляет технологам всего мира иного выбора, кроме как трудиться, трудиться и еще раз трудиться над обеспечением этих параметров.

Качество продуктов труда в условиях неопределенности конкурентной рыночной среды является причинным фактором резкого роста рисков для предприятия АО «СМК»

Объектом исследования является АО «Ступинская металлургическая компания» (далее АО «СМК»), предмет исследования – повышение контроля качества продукции посредством внедрения нового оборудования.

Специфика производимого ассортимента продукции предприятия такова, что оно не является производителем товаров народного потребления, поэтому потребителями продукции предприятия являются юридические лица, действующие в аиационно-космической отрасли, а именно самолета- и двигателестроительные организации.

Организация технического контроля на предприятии является одним из элементов системы управления качеством. Под техническим контролем понимается проверка соблюдения требований, предъявляемых к качеству продукции на всех стадиях ее изготовления, и всех производственных условий, обеспечивающих его.

Предлагаемый проект по приобретению шлифовально-полировальной машины Mecatech 234 позволит повысить конкурентоспособность предприятия и вывести его на новый этап развития.

Проект исключит влияние человеческого фактора, что очень важно для обеспечения точности и качества проводимых испытаний, а также сократит время проведения контрольных операций независимо от сложности шлифовок, затраты на вспомогательное оборудование и заработную плату, улучшит качество продукции и уменьшит количество брака.

Анализ методологии расчета ставки дисконтирования

Романова М.В.
Научный руководитель – доцент, д.э.н. Калошина М.Н.
МАИ, каф 508.
mafka95R@mail.ru

Стоимость имущества авиационных промышленных предприятий напрямую зависит от величины ставки дисконтирования, которая является базовым критерием для расчета эффективности вложений. Так же ее рассматривают как инструмент, используемый для приведения ожидаемых денежных потоков к текущей стоимости. В зависимости от различных экономических задач ставка дисконтирования рассчитывается по-разному. Главным образом ставку используют для учета риска, несмотря на разнообразие существующих методик ее расчета.

В статье рассматриваются теоретические основы 10 существующих методов, их достоинства и недостатки, приведены дополнительные параметры для точности расчета,

специфические поправки на риск для отдельных методик. Так же был проведен анализ по полноте предоставления первичных данных (начальных условий), анализ финансового состояния предприятия, согласованы цели, для которых был проведен расчет ставки дисконтирования.

Цель работы – на фоне разнообразия методологии расчета ставки дисконтирования проанализировать возможности промышленного предприятия в полном учете своих рисков и нахождение оптимального метода расчета.

На основе полученных данных об отраслевых рисках за 2015 году, структурных изменения и политической ситуации в стране был произведён расчет оптимальной ставки дисконтирования для промышленного предприятия с учетом прогнозируемой инфляции и статистической доходностью этой отрасли.

Формирование методологии по оценке инновационных специфических активов на примере предприятий аэрокосмической отрасли

Стрелкова Л.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Калошина М.Н.
МАИ. каф.508
strelkova.lv@yandex.ru

Методология оценки инновационных активов на стадии их разработки и внедрения, а также прогнозирование дальнейшего развития актива, а, следовательно, и роста/ снижения его стоимости, в настоящий момент несовершенна и вызывает множество споров. Тем не менее, с ростом актуальности разработки новых высокотехнологичных активов, продиктованным рыночными условиями, оценка стоимости таких активов на начальных этапах их создания и прогнозирование изменения их стоимости обеспечивают компаниям, работающим в инновационных отраслях, возможность снизить риски реализации инновационных проектов и предотвратить «омертвление» ресурсов.

Принимая во внимание сложившуюся рыночную и внешнеполитическую ситуацию, и как следствие необходимость реализации программ импортозамещения, многие предприятия аэрокосмической отрасли сталкиваются с необходимостью разработки инновационных проектов различной направленности. Ещё большие риски для реализации проектов представляет высокий уровень специфичности отрасли, поэтому оценка стоимости актива на любом этапе его проектирования и внедрения позволят аэрокосмическим предприятиям снизить риски реализации проектов, а, следовательно, и прямые потери финансовых ресурсов.

Методология оценки инновационных активов должна строиться на модели жизненного цикла проекта. Данная методология должна учитывать, на каком этапе своего развития находится инновационный актив. Таким образом, в зависимости от этапа реализации проекта, он может получить три оценки: априорная оценка (аналог доходного подхода), апостериорная оценка (аналог затратного подхода) и сравнительная оценка (сравнительный подход). С точки зрения этого подхода, оправдано несоответствие количественных характеристик априорной и апостериорной оценок, так как графическая модель жизненного цикла в любой точке не является абсолютно симметричной. Для получения сравнительных оценок, основанных на модели жизненного цикла, решающее значение будут играть поправочные коэффициенты, учитывающие существенные параметры инновационных активов, при идентичности моделей их жизненных циклов.

Первым этапом оценки, согласно данной методологии является построение адекватной и обоснованной математической модели (кривой) жизненного цикла. Исходя из того, что кривая жизненного цикла является «идеальной» моделью, и далеко не всегда отражает реальное состояние реализации проекта, для расчета стоимости инновационного актива на определенной стадии разработки и реализации необходимо вводить коэффициенты, отражающие вероятностную картину инновационного проектирования. Использование опционных методов при оценке данного вида активов позволяют учесть вероятностный характер жизненного цикла инновационных проектов.

Таким образом, опционные методы позволяют «монетизировать» вероятность реализации проекта и получить стоимость актива.

Применение данных методов помогут получить такую прогнозную стоимость проектируемых активов, которая поможет принять решение по поводу дальнейшей реализации инновационных проектов.

Современное состояние оборонно-промышленного комплекса РФ

Фомин М.А.
Научный руководитель – к.э.н. Зубеева Е.В.
МАИ, каф. ФМ
mihailfominmail@mail.ru

Оборонно-промышленный комплекс (ОПК) – совокупность научно-исследовательских и производственных предприятий, которые выполняют разработку, производство и постановку на вооружение военной и специальной техники.

В СССР оборонному комплексу уделялось повышенное внимание, на его развитие выделялись большие деньги, огромное количество ВУЗов и техникумов подготавливало специалистов для работы в оборонной промышленности. Предприятия оборонной промышленности находились практически во всех крупных промышленных городах Советского Союза, а так же они зачастую являлись градообразующими.

Разработчики и конструктора научно-исследовательских институтов всегда тесно сотрудничали с представителями Министерства обороны, которые выдавали им технические задания на разработку необходимого вооружения. Техника, создаваемая предприятиями оборонно-промышленного комплекса испытывалась и отрабатывалась на полигонах Министерства обороны.

После распада Советского Союза было существенно сокращено финансирование заказов Министерства обороны. Финансовое положение всех предприятий ОПК резко ухудшилось, стало невозможно поддерживать достойный уровень заработной платы специалистов. Это вызвало отток кадров из оборонной промышленности. Перед предприятиями ОПК встала проблема выживания, которую они пытались решить путем проведения конверсионных работ: разрабатывали и выпускали медицинскую и бытовую технику (утюги, радиоприемники, телевизоры и др.), но размеры финансирования были невелики.

С начала 90-х годов «секретные» предприятия ОПК стали демонстрировать свою продукцию на международных выставках вооружений, которая вызвала значительный интерес у представителей зарубежных фирм. Впоследствии это дало возможность заключать с ними контракты и преодолеть кризис 90-х годов. Появилась возможность поднять заработную плату сотрудникам, часть средств стала направляться на приобретение современного оборудования, организацию компьютеризированных рабочих мест и испытательных стендов. Начало развиваться и оснащаться новыми станками и оборудованием опытное производство. В настоящее время все предприятия ОПК оборудованы персональными компьютерами, на которых установлено самое современное программное обеспечение, что позволяет значительно сократить время на конструирование, при существенном повышении его качества. Использование машинного проектирования и моделирования позволяет внедрять в производство новые конструкции, необходимые для современного вооружения.

В настоящее время продолжаются работы по наукоемким исследованиям в области оборонной тематики. Предприятия способны разрабатывать высокоинтеллектуальное вооружение с характеристиками, превышающими мировой уровень, конкурентоспособное на международном рынке. В начале 21-го века технические ВУЗы РФ объявили «целевой набор» студентов, по которому предприятия ОПК заключают трудовой договор с будущим молодым специалистом. Согласно этому договору, студент обучается по требуемой для данного предприятия специальности. Таким образом, большое количество молодых специалистов после окончания обучения уже работают по специальности на предприятиях ОПК.

Разработка процедур реновационного управления активами промышленного предприятия

Хакимова Э.В.
Научный руководитель – доцент, д.э.н. Калошина М.Н.
МАИ, каф.508
elvina96@yandex.ru

Непостоянство условий внешней и внутренней среды предприятия требует постоянного контроля и постоянной реновации методов управления как самим предприятием, так и его активами.

Управление активами заключается в формировании такого состава активов и/или ценных бумаг, при которых прибыль будет максимальной, а риски минимальными. Проблема управления активами и его оптимизация требуют тщательного анализа и всестороннего рассмотрения каждого объекта активов, который приводит к разработке новых методов и процедур повышения эффективности их использования.

Управление активами подразумевает стратегическое планирование инвестиционной и текущей деятельности промышленного предприятия, которое в значительной степени формирует потенциал предприятия. Высокоэффективное управление активами предприятия требует формирование необходимого состава, а также его обеспечение финансовыми ресурсами. Управление активами промышленного предприятия должно контролироваться системой показателей и индикаторов, их постоянным мониторингом с последующим осуществлением диагностики и устранения проблем и дефектов.

В статье был проведен структурный анализ промышленного предприятия, нацеленный на изучение состава активов, их структуры и динамики, который был проведен при помощи финансового анализа, анализа финансового состояния предприятия. Были проанализированы различные методологии управления активами предприятия, направленные на проведение мероприятий, повышающих эффективность их использования, и, как следствие, увеличивающих стоимость собственно активов, а также самого предприятия; произведен их теоретический анализ, выявлены особенности и проблемы, предложены действия по их устранению. По итогам анализа был предложен метод по реновации управления портфелем активов. С целью обоснования его правомерности и возможности реализации была рассчитана экономическая эффективность от внедрения обновленной методики управления.

Секция «Экология, безопасность полётов и жизнедеятельности в авиации и космонавтике»

Организации ICAO и ее влияние на мировую экологию

Акобян К.С., Левченко Н.А.
Научный руководитель – доцент, к. э. н., Метечко Л.Б.
МАИ, каф. 509
89160879982@mail.ru

Международная организация гражданской авиации создана на положениях части II Чикагской конвенции, существует с 1947 года. Штаб-квартира находится в Монреале, Канада. Членами ICAO являются 189 государств. ICAO производит свою деятельность в целях осуществления своих концептуальных взглядов на безопасную и стабильно развивающуюся гражданскую авиацию. Этому призваны способствовать принятые Советом следующие основные стратегические цели: повышение безопасности полетов во всем мире, сводить к минимуму вред для окружающей среды, поднятие эффективности авиационной деятельности.

Одной из главных задач комитета является сведение к минимуму воздействия на окружающую среду деятельности авиации во всем мире, в частности авиационного шума

и эмиссии авиационных двигателей, путем реализации следующих мер по: уменьшению влияния эмиссии двигателей на качество воздуха в населенных пунктах; сокращению количества людей подвергающихся значительному воздействию авиационного шума; сокращению воздействия на глобальный климат эмиссии парниковых газов.

Охрана окружающей среды от воздействия авиации является сложной проблемой, решение которой связано с рассмотрением многих взаимосвязанных технических, эксплуатационных, экономических, социальных и политических факторов. С каждым заседанием ужесточаются нормы на шум и эмиссию вредных веществ. Международные стандарты по экологии гражданских самолетов представлены в виде тома I "Авиационный шум" и тома II "Эмиссия авиационных двигателей". ICAO всячески способствует созданию мер по смягчению воздействия авиации на окружающую среду, направляет авиастроение в сторону использования более экологичных видов топлива и к реализации концепции «зеленый самолёт».

В состав ICAO, на сегодняшний день, входят почти все страны мира. Цели и вопросы поднимающиеся на заседаниях, носят огромное значение для человечества. За годы своего существования в комитете было выработано огромное количество норм и стандартов, которые сегодня обеспечивают стабильность авиасообщения и безопасность пассажиров.

Введение и последовательное ужесточение ICAO авиационных экологических стандартов – в особенности, именно по шуму на местности – преследует не столько цели защиты окружающей среды, декларируемые официально, но и цели завоевания зарубежными корпорациями более благоприятных позиций на рынках авиатехники и авиаперевозок. Если присмотреться к деятельности комитета, то можно отметить один существенный минус – Монополизация. Из-за ежегодно возрастающих экологических норм, многим авиастроительным предприятиям пришлось уйти с рынка. Сейчас мы можем отметить две корпорации (Boeing, Airbus), которые шагнули так далеко от своих конкурентов, что заполнили своей продукцией весь рынок, ICAO со своими запретами поспособствовала этому. Подтверждает это и недостаточно убедительное научное обоснование нормативных уровней шума на местности с позиций экологии и медицины. Если объём выбросов, объективно измерим по абсолютной шкале, то уровень шума измеряется по сравнительной (дБ), что существенно менее осязаемо и затрудняет установление связи между уровнем шума и ущербом.

Нужно срочно принимать меры по доведению экологических характеристик российских самолетов до требований международных стандартов, а то придет время, когда наши самолеты не будут принимать в международных аэропортах, а еще раньше перестанут их покупать.

Исследование преимуществ и недостатков альтернативных видов топлива в авиастроении

Алпаткина Ю.О., Кузьменко Т.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.
МАИ, каф.503
sne1902@yandex.ru

В настоящее время основным источником загрязнения окружающей среды в России являются транспортные средства с двигателями внутреннего сгорания. Благодаря исследованиям и данным, полученным российскими учеными, удалось установить, что на долю загрязнения атмосферы авиационными и автомобильными транспортными средствами приходится 70-80 % от общего объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Одним из главных путей, способных повысить экономичность, экологичность и эффективность авиационного транспорта, является его перевод на альтернативные виды топлива. В качестве замены нефтяному авиатопливу в первую очередь рассматриваются жидкие синтетические топлива, получаемые из угля, природного газа, а также биомассы и растительного масла.

Преимущества, которые открылись перед учёными при изучении альтернативных видов топлива, оказались очень значимыми. Например, биотопливо - это топливо, созданное на основе органических веществ и растительных масел, при его применении экологичность двигателя повышается, и увеличивается срок его службы. Ещё одним примером альтернативного вида топлива является водород. На данный момент это одно из самых экологически чистых и энергоэффективных видов топлива.

Но, к сожалению, топливо, полученное искусственным путём нельзя в полной мере считать «экологически и экономически совершенными». Так как чаще всего процесс его получения очень длительный и дорогостоящий. Использование водных и земельных ресурсов для выращивания технических культур, применяемых для производства биотоплива, ведет к снижению объема производства продовольствия или к уничтожению лесов, на территории которых создаются новые посевные базы для выращивания технических культур.

Поиск альтернативных видов топлива необходим не только из-за ограниченности природных ресурсов, но и по причине того, что на сегодняшний день стоимость нефти на рынке достаточно высока и, по прогнозам экспертов, в будущем её цена будет только расти. Это значит, что повысится топливный сбор авиабилета, и цены на авиаперевозки возрастут.

Человечество постоянно развивается и не стоит на месте, поэтому происходит поиск и других способов сохранения природных ресурсов. Активно конструируются самолёты с нетрадиционными авиационными двигателями, способные работать при использовании электроэнергии или на принципе флотации. Они могут подниматься на большие высоты из-за охлаждённого и разреженного воздуха, так как это является идеальной средой работы таких двигателей.

Методические основы выбора форм подготовки населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

Аминева Г.Г.
Научный руководитель – преп. Бурьян А.В.
МАИ, каф. ПТБ и УР
g.amineva@bk.ru

В наш век информационной революции и инновационных технологий, основательным будет вывод, что показателем мирового господства страны является степень вооруженности ядерным оружием.

Гонка вооружений, возникшая еще в прошлом веке, имеет тенденцию к росту и в наше время, тем самым усиливая требования к формам подготовки населения в области гражданской обороны (далее ГО).

Гражданская оборона - система мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера (в ред. Федерального закона от 29.06.2015 N 171-ФЗ).

На основе исследования функционирования единой системы подготовки населения в области ГО и защиты от чрезвычайных ситуаций, и анализа действующих форм подготовки, проведенного в данной работе, появляется основание для предложения:

- новых форм подготовки различных слоев населения в области ГО, с учетом сложившихся социально-экономических условий на основе современных образовательных технологий;
- проектов профессиональных стандартов, таких как специалист по подготовке населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций, руководитель организации (структурного подразделения организации), осуществляющей (осуществляющего) деятельность по подготовке населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций.

Реализация предложенных в работе мер позволит:

1. выполнить требования указа Президента Российской Федерации № 597 от 7 мая 2012 г. и постановления Правительства Российской Федерации 22.01.2013 № 23, в части подготовки профессиональных стандартов для специалистов, осуществляющих деятельность по подготовке населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций;

2. повысить качество подбора и организации обучения ряда работников, осуществляющих деятельность в области ГО, защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера, а соответственно эффективность их деятельности в области ГО и защиты от ЧС.

Адаптация Европейской авиации к изменению климата

Артамонов Е.А., Солосятов Д.И.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Галкина Е.Е.
МАИ, каф. 904
studioEA@yandex.ru

Одним из результатов загрязнения окружающей среды является изменение климата, представляющее серьезную проблему для авиации. Оно повышает риск попадания самолетов в зону турбулентности и затрудняет взлет и посадку.

Существуют научные исследования, прогнозирующие последствия изменения климата. Эти последствия для авиации изменяются в зависимости от климатических зон. В целом их можно классифицировать на следующие группы:

- **Сильные продолжительные дожди** в некоторых районах (например, в Северной Европе), которые могут повлиять на взлет и посадку. Это может привести к задержкам и отменам рейсов, незапланированным изменениям маршрутов пролетов.
- **Высокие температуры воздуха**, которые могут повлиять на общую производительность воздушного судна, такие как скорость и набор высоты. Также это может привести к повреждениям взлетно-посадочных полос и рулежных дорожек.
- **Изменение снежного покрова.** Уменьшение или увеличение количества снега может негативно повлиять на работу аэропортов в тех районах, где не привыкли к таким условиям. Недостаточное количество техники для уборки снега и обледенение оборудования могут также привести к нарушению работы аэропорта.
- **Сильные штормы.** Ожидается, что они станут мощнее и чаще. Это может повлиять на регулярность взлета и посадки и на время полета.
- **Изменение направления ветра** может привести к увеличению бокового ветра на взлетно-посадочной полосе.
- **Повышение уровня моря** представляет опасность для прибрежных аэропортов.
- В некоторых местах возможно затопление наземных транспортных соединений.

Все эти последствия ожидаются в течение следующего десятилетия. Они могут привести к более частым случаям турбулентности, которая является одной из главных причин повреждений самолетов и приносит ежегодный ущерб авиакомпаниям в миллионах евро.

В связи с этим, Европе и другим частям мира необходимо принимать адаптационные меры по борьбе с неизбежными последствиями изменения климата и их экологическими, экономическими и социальными издержками. Это будет гораздо эффективнее, чем бороться с последствиями, которые могут возникнуть в будущем.

Стратегия Европейского союза по адаптации к изменению климата выявляет риски в отношении авиационной инфраструктуры. Она также устанавливает рамки и механизмы реагирования на текущие и будущие воздействия климата на инфраструктуру. Онлайн-платформа Европейских адаптаций к изменению климата предоставляет информацию и рекомендации по адаптации к последствиям изменений климата и тематические авиационные исследования.

Государства Европейского союза в настоящее время начинают внедрять авиацию в свои национальные планы по адаптации. Кроме того, ряд аэропортов и компании по

аэронавигационному обслуживанию начинают проводить оценку риска от изменения климата и разрабатывать свои собственные планы по адаптации. Знание механизмов реагирования позволит уменьшить риски повреждения самолетов и снизить экономические затраты авиакомпаний.

Экологический контроль энергетических параметров электромагнитных полей

Афлятунова Г.Р.
Научный руководитель — к.т.н. Свиридова Е.Ю.
МП, ЭБТС
evg_sviridova@mail.ru

В целях обеспечения электромагнитной безопасности необходимо проведение экологического контроля энергетических параметров электромагнитных полей, в т.ч. комплексной интенсивности.

Для мониторинга энергетических параметров создаваемых технических систем может быть использована следующая методика.

Подключить изделие через аттенюатор суммарным затуханием 50 дБ к анализатору спектра и установить на анализаторе спектра следующие параметры: FREQ START 120 MHz, FREQ STOP 3000 MHz, RBW 10 MHz, VBW 10 MHz. Далее следует включить режим накопления и контролировать по показаниям анализатора спектра уровень второй и третьей гармоник.

Путем увеличения затухания в цифровом аттенюаторе определяется минимальный уровень мощности сигнала на входе приемника, при котором еще нет пропадания контрольного сигнала.

Подсоединить генератор низкой частоты и милливольтметр к изделию. Измеритель нелинейных искажений и второй милливольтметр подключаются к линейному выходу. На выходе генератора низкой частоты устанавливается синусоидальный сигнал с частотой 200 Гц и напряжением 200 мкВ и включается режим передачи контрольного сигнала на изделии. Затем, не меняя напряжения на выходе генератора низкой частоты контролируется сигнал на следующих частотах (в течение 10 с на каждой): 250 Гц; 310 Гц; 400 Гц; 500 Гц; 630 Гц; 800 Гц; 1 кГц; 1,25 кГц; 1,6 кГц; 2 кГц; 2,5 кГц; 3,15 кГц; 4 кГц; 5 кГц; 6 кГц, а также показания милливольтметра для частоты 1 кГц.

С помощью второго милливольтметра необходимо измерить максимальное и минимальное напряжения сигнала на линейном выходе изделия, при этом контролировать показания второго милливольтметра для частоты 1 кГц.

На вход приемника от одного генератора (при отсутствии мешающих сигналов от второго и третьего генераторов) подается испытательный сигнал, затем следует увеличить уровень входного сигнала на 3 дБ.

Установив частоту второго генератора выше номинальной частоты приемника на удвоенное значение разноса между соседними каналами и частоту третьего генератора выше на значение разноса между соседними каналами увеличенное в 4 раза, необходимо включить немодулированные мешающие сигналы от второго и третьего генераторов.

Если при измерениях взаимная модуляция между генераторами мешающих сигналов оказывает влияние на результаты измерений, то принять меры для устранения этого влияния, например, путем увеличения развязки между генераторами сигналов.

Максимальная мощность электромагнитного излучения может быть определена с помощью программы Config.exe.

Проведение экологического контроля энергетических параметров электромагнитных полей позволит разработать более эффективные методы защиты от негативного воздействия данного фактора.

Труд пилота: негативные последствия и пути их ликвидации

Бояркина В.А., Шаталова Е.Л.
Научный руководитель – ст. преподаватель Кабанов А.С.
МАИ, каф.502, каф. 508
valyaboyarkina96@gmail.ru

Профессия пилота предполагает сильнейшие эмоциональные и физические нагрузки. Существует ряд опасных факторов, связанных со сложностью работы летчика.

При постоянных перелётах уровень шума существенно воздействует на слух. Чтобы защитить пилота от шума, в 2016 году была испытана система уменьшения шума при посадке. Во время посадки система собирает метеорологическую информацию и параметры полёта. В соответствии с ними рассчитываются оптимальные показатели для снижения, которые выводятся на дополнительный экран в кабине лётчика в графическом виде. Подобную систему необходимо использовать в гражданской авиации, для снижения разрушительного воздействия излишнего шума на здоровье пилота и окружающую среду.

Космическая и солнечная радиация с годами накапливается в организме, что вызывает онкологию и преждевременное старение. Для решения проблемы можно предложить внедрение специальной одежды с напылением из защитных материалов (чугун, свинец, сталь, вольфрам и другие), совершенствование свойств лобового стекла самолета, создание антирадиационных кремов. Самое главное – необходим постоянный и точный контроль уровня полученной радиации.

Ещё один фактор, который действует на человека в полёте – это давление. Для защиты пилота от резких перепадов давления разработаны герметические кабины, скафандры, кислородные приборы и многое другое. Кроме того, в кабине пилота присутствует низкая влажность 20-30% и кислородная недостаточность, что снижает уровень кислорода в крови, и, несомненно, ставит под угрозу способность организма выдержать перепады давления. Возможно, следует заняться оптимизацией и герметизацией приборов, чтобы добиться их устойчивости к влажности, нормальной для человека. Повысить влажность в организме может вода – необходимо употреблять как можно больше жидкости.

При маневрировании происходят резкие перепады давления, от которых легкие частично утрачивают возможность доставлять воздух в кровь. Отметим, что стоит использовать маску пилота истребителя и на гражданских суднах.

Главным внутренним фактором, поражающим пилота является стресс. Компании должны выработать тактику поддержки персонала: пилот не должен бояться признаться в том, что испытывает трудности и должен научиться выявлять психологические проблемы, чтобы успешно бороться с ними. Необходимо обеспечивать пилотам должный отдых и заботиться об их эмоциональном здоровье после каждого перелёта.

Профессия лётчика является одной из наиболее опасных для здоровья человека. Проблемы данной специальности решаются из года в год. Люди, занимающие данное рабочее место, имеют достаточно много льгот по сравнению с другими, что кажется нам неплохой компенсацией их физических и моральных нагрузок. Однако этого не достаточно, чтобы полностью защитить жизнь пилота от факторов, негативно влияющих на его здоровье.

Перспективы уменьшения численности экипажа гражданских самолетов

Боярский Г.Г.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Шангин И.А.
МАИ, каф. 607
Glebboyarsky@gmail.com

Вопрос уменьшения численности операторов в составе технических комплексов является актуальной проблемой для авиации в силу того, что потребность в пилотах растет, а их численность падает.

Расходы на обучение и содержание летного состава занимают большую часть бюджетов авиакомпаний. Вследствие чего они стремятся свести их к минимуму.

Снижение численности экипажа, может увеличить экономическую эффективность пассажирских и грузовых перевозок, но в то же время сопряжено с риском увеличения аварийности.

В данной работе были рассмотрены следующие подходы к решению проблемы:

- Административное – на каждом рейсе будет находиться практикующий пилот из числа пассажиров;
- Эргономическое – оптимизация кабины для управления одним человеком;
- Технические – реализация пилота поддержки с земли, работающего дистанционно и доведение полета до полного автоматизма, где пилот в кабине выполняет функцию дублирующего звена управления.

В данной работе внимание концентрируется на эргономических подходах к решению проблемы.

Эргономический подход должен включает в себя следующие задачи:

- Поиск новых интуитивных принципов управления.
- Исследование технологий обеспечения имитации «выпуклости» изображений для возможности управления «на ощупь» (без постоянного визуального контроля);
- Исследование технологии обеспечения обратной механической связи от отрисованных органов управления (подтверждение срабатывания);
- Исследование принципов построения динамического управляющего поля;
- Анализ вопросов расположения и досягаемости сенсорных экранов.
- Исследование по перераспределению информационных потоков между автоматикой и человеком-оператором.

Были проведены исследования причин аварийных ситуаций, выявлены те случаи, когда были допущены ошибки пилотирования и на их основе были заданы параметры функциональной модели.

На данном этапе работы формируется функциональная модель человека-оператора на различных участках полета. Исследуется процесс информационной перегрузки и недостаточной нагрузки пилота при нештатных ситуациях во время пилотирования.

Получив результаты этого исследования станет возможным перейти к формированию облика перспективного оснащения кабины гражданского самолета.

Теория и практика экологического аудита в мировой экономике

Бурукина А.А., Любимская Е.Р.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Метечко Л.Б.
МАИ, каф. 508
burukina1996@mail.ru

В работе проведен анализ актуальной проблемы проведения экологического аудита на промышленном предприятии. Необходимость этой процедуры продиктована тем, что практически все страны мира, без исключения, столкнулись с проблемой загрязнения и ухудшением экологической обстановки из-за расширения промышленного производства и существующих технологий добычи природных ресурсов.

Очевидно то, что промышленное производство обязательная составляющая жизни человеческого общества и в тоже время именно производство и промышленные предприятия являются опасными очагами загрязнения природной среды.

В предложенном докладе исследованы как сами необходимые процедуры осуществления экологического аудита и его несомненная польза в области решения экологических проблем промышленного предприятия, так и факторы, затрудняющие его внедрении повсеместно в мировую практику.

В выводах авторами отмечено, что в будущем экологический аудит займет свое достойное место в обеспечении экологической безопасности любого функционирующего

промышленного предприятия, так как является эффективным инструментом снижения экологических рисков.

Литература:

1. Метечко Л.Б. Экология для инженерно-экономических и технических вузов. Саарбрюкен, Германия., Lap Lambert Academic Publishing., 2013, 520 с.

2. Метечко Л.Б., Тихонов А.И., Сорокин А.Е., Новиков С.В. Влияние экологических нормативов на развитие авиационного двигателестроения// Труды МАИ. №85 Москва, 2016.: www.mai.ru/science/trudy/

3. Новиков С.В. Особенности организации высокотехнологичного производства сложных технических систем в современных условиях. Успехи современной науки и образования. Т. 2. № 8., 2016, С. 62-64.

Меры по снижению риска наводнений на территории юга Дальнего Востока

Васькова Е.А., Васькова Я.И., Курличенко И.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Чверткин А.Г.
МАИ, каф. ПТБУР
esenya95@mail.ru

Проблема наводнений преследует человечество с древних веков. Во времена древнего Египта, ученые разрабатывали системы построения гидротехнических сооружений, как основной части защиты от наводнений территории. При этом на тот момент у них не было определенных формул, связанных с наукой гидрологии, в частности формулы Шези. Но, тем не менее, построенные в то время гидротехнические сооружения сохранились и до наших дней и стали эталоном для последующего строительства.

Сегодня публикуется множество законодательных норм в области устойчивого развития, в том числе Стратегия Национальной безопасности 2015 г., которые направлены в первую очередь на устойчивое развитие.

Проблема наводнения тесно переплетается с проблемой поддержания устойчивости развития народа. Таким образом, решение проблемы защиты территории от наводнений – является актуальной и должна решаться на государственном уровне.

Территория Дальнего Востока резко подвержена риску возникновения наводнений. Особенности заключаются в следующем:

- характерные для данной территории муссоны, которые выражаются в возникновении разности температур между сушей и морем.
- нет возможности предсказать наводнение заблаговременно.
- обильные осадки не дают полагать, что произойдет наводнение.
- наводнения возникают в конце июля – начале сентября.
- разнообразный рельеф местности, который варьируется между горным и равнинным.
- большое количество гидротехнических сооружений на территории КНР, о которых нет общедоступных данных.

В 2013 г. произошло катастрофическое наводнение на р. Амур, но по данным наблюдений людей, проживающих на этой местности, в 1984 г. масштаб затопления был значительнее. Сейчас неизвестно, когда произойдет новое наводнение. По мнению ученых оно будет, но возможно не таких масштабов. При чем, необходимо отметить, что в 20 веке было порядка пяти наводнений, также в конце 19 века было зафиксировано три больших наводнения. Поэтому актуальна разработка превентивных мер по снижению риска затопления территории.

Пути снижения риска сильного затопления территории, превентивные меры заключаются в следующем:

- Расчистка русла, которая в 20 веке была обязательной, должна снова войти в обиход. Таким образом, одновременно будет проведена дноуглобительная работа, и волна паводкового наводнения будет проходить быстрее.

- Создание одного гидропоста на город, который бы следил за изменением расхода воды в реке. И в зависимости от его повышения, принимал бы соответствующие меры.
- При проведении аварийно-спасательных работ необходимо четкое знание рельефа местности и методики возведения временных защитных сооружений.
- В качестве временных защитных сооружений необходимо использовать быстровозводимые дамбы насыпного типа с использованием гравия и примесей глины.
- Для дальнейшей защиты территории от затопления, с ростом уровня воды, необходимо возведение быстросборных модульных конструкций из свай шпунтовых композитно-полиуретановых ШК-150.

Метод очистки природного газа от кислых газов

Веретенников И. Ю.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Семенов В.В.
МАИ, каф. 202
ivan-tlt@live.com

Доклад посвящен разработке метода очистки попутных природных нефтяных газов, содержащих вредные для окружающей среды примеси. В данной научной работе рассмотрены и проанализированы способы борьбы с такими примесями как сероводород и меркаптаны.

Учитывая серьезность негативных последствий, связанных с данной проблемой, а также потенциал дополнительной энергии при рациональном использовании, в настоящее время все большее внимание уделяется актуальным вопросам подготовки и утилизации попутных нефтяных газов, которые до недавнего времени рассматривались только как отходы и направлялись на факел.

С целью дальнейшего эффективного использования попутного газа в данной работе рассмотрены различные методы подготовки и утилизации газа, такие как: получение энергии, сырье для нефтехимии, комплексное использование. Немаловажен тот факт, что любой из предложенных сценариев включает в себя предварительную подготовку и очистку попутного газа с целью предотвращения попадания в окружающую среду высокотоксичных соединений, в частности, сероводорода и прочих сернистых соединений.

Предложен и рассмотрен метод очистки с использованием насадочного абсорбера, основанный на абсорбции (поглощении) сероводорода растворами аминов с последующей регенерацией раствора и дальнейшим получением чистой серы по методу Клауса.

Решена задача выбора лучшего растворителя для очистки газов. Существует множество аминов, пригодных для удаления разного рода примесей. Наиболее широкое использование получили моноэтаноламины (MEA), диэтаноламины (DEA) и метилдиэтаноламин (MDEA).

При выборе рабочего раствора руководствовались следующими положениями, что:

1. Первичные алканоламины более реакционноспособны, и их применение предпочтительнее. Кроме того, МЭА имеет низкую молекулярную массу и при одина-ковой концентрации в растворе содержится больше молей амина;

2. Наличие COS в газе исключает применение первичных алканоламинов из-за образования нерегенерируемых побочных продуктов и больших потерь амина. В этом случае предпочтительным является раствор ДЭА;

3. Для селективного извлечения H_2S рекомендуют примерять третичные амины, в частности МДЭА.

Проанализированы технологические процессы подготовки и очистки исходного сырья, проведен расчет параметров насадочного абсорбера, описано понятие и сущность процесса переработки сероводородного газа в серу по окислительному методу.

Показано, что применение предложенного метода очистки попутного газа в комплексе с получением чистой серы по методу Клауса позволяет не только существенно снизить негативное воздействие на окружающую среду, но и обеспечить электроэнергией производство за счет высококалорийности попутного газа, используемого в качестве топлива.

Эффективность сейсмоустойчивости в Камчатском крае

Владарская М.С., Котова А.В.
Научный руководитель – к.т.н. Чверткин А.Г.
МАИ, каф. ПТБиУР
Vladarskaya.m@gmail.com, Kotova_arina@list.ru

Особенностью Российской Федерации является то, что большая часть территории страны может быть подвержена землетрясениям, которые способны привести к крайне тяжелым последствиям. Наиболее сейсмически активными являются такие регионы, как о. Сахалин, Курильские острова, Камчатка. Камчатский край является сейсмически наиболее активной зоной воздействия землетрясений. Для того, чтобы избежать негативных последствий чрезвычайной ситуации необходимо проводить работы по сейсмоустойчивости, характеризующаяся способностью построек, конструкций, дорог выдерживать землетрясения с минимальными повреждениями.

В период с 50-х до 90- х годов сейсмоукрепление построек не проводилось. В 1952 году произошло землетрясение с магнитудой 8,5, в результате полностью был уничтожен город Северо-Курильск, численность жертв составила несколько тысяч людей, а материальный ущерб обошёлся в сумму порядка 1 миллиона долларов.

После чего началось активное изучение региона и его сейсмоукрепления. Вносились изменения в фундамент конструкций – создавались «подушки» из бетона или полимерных материалов, благодаря чему во время землетрясений здания скользят и не разламываются по тем линиям, где создается наибольшее напряжение, а так же вибрационный контроль сейсмической нагрузки и изоляции. Привлекалось большое количество инженеров и архитекторов со всей России. Это позволило в 2006 году избежать негативных последствий и жертв при серии достаточно мощных землетрясений.

Из этого можно сделать вывод, что научные изыскания в области сейсмоустойчивости являются актуальными. Авторским коллективом было проведено исследование влияния различных подходов к строительству на безопасность сооружений. К таким подходам авторами были отнесены: «подушки» из бетона или полимерных материалов и вибрационный контроль. В ходе проведенного анализа был сделан вывод, что наиболее эффективным и экономически целесообразным инструментом является вибрационный контроль сейсмической нагрузки и, в частности, сейсмическая изоляция, позволяющая возводить сравнительно лёгкие и недорогие постройки. Данные исследования позволят значительно повысить безопасность в регионах наиболее страдающих от землетрясений.

Концепция построения всенаправленного ветроприемного устройства авиационной метеостанции

Бакиев М.Т., Ворошнин Д.И., Тюрина М.М.
Научный руководитель – профессор, к.т.н., Порунов А.А.
КНИТУ–КАИ, каф. ПИИС
dmitry.voroshnin@gmail.com

При решении задач прогнозирования и предупреждения возможности летных происшествий в условиях сильного бокового или встречного ветра наиболее важной измерительной информацией, получаемой от наземного оборудования аэропортов для систем управления воздушным движением, являются кинематические параметры атмосферы: величина V и направление $\square$ вектора скорости ветра, абсолютное давление и скорость его изменения. Расширение метеоминимума для взлета и посадки современных широкофюзеляжных самолетов требует совершенствования методов и средств измерения параметров вектора ветра в приземном слое аэродромов. Это обусловлено также тем, что широко применяемые в настоящее время анемотахометрические, флюгерные и другие механические измерители параметров движения воздушных масс имеют ограниченные функциональные характеристики. Кроме того, они имеют низкую точность и механическую надежность.

В последние годы для измерения кинематических параметров воздушных потоков все чаще начинают применяться многоканальные всенаправленные ветроприемные устройства (ВПУ) реализованные на основе сочетания проточных аэрометрических и струйно-конвективных преобразователей.

Применение таких ВПУ в системах управления авиационными метеостанциями затруднено сложностью преобразования пневматических сигналов в электрические в связи с ограниченными метрологическими характеристиками существующих преобразователей давлений. Это привело к необходимости использования в предлагаемых ВПУ сочетания эффектов торможения и дросселирования набегающего воздушного потока. В результате существенно (в 1,3..5,3 раза) повышается уровень выходного пневматического сигнала ВПУ в диапазоне 1...100 м/с. Еще большего повышения уровня информативного сигнала позволяют достигнуть струйно-конвективные измерительные преобразователи (СКП).

Входящие в ВПУ СКП функционально и конструктивно представляют собой модули, выполненные в едином корпусе, в котором размещены формирующее струю сопло и анемочувствительный элемент в виде полупроводникового терморезистора сферической формы. Применение высокочувствительных СКП позволяет также значительно расширить диапазон измерения в сторону малых скоростей ветра до 0,5...1,0м/с и повысить точность измерения во всем диапазоне измерения до (1...2,0)% и определения азимута (направления) ветра до 1-2 угл. град.

В докладе рассмотрены вопросы обоснования принципов построения ВПУ, проведен анализ требований к основным преобразователям ВПУ. Результаты исследований могут быть использованы в инженерной практике при разработке устройств аналогичного назначения.

Литература:

1. Горлин С.М., Слезингер И.И. Аэромеханические измерения. Методы и приборы. – М.: Наука, 1964. – 720 с.

2. Ворошнин Д.И., Порунов А.А. Принципы и схемы построения системы экологического мониторинга параметров воздуха в приземном слое атмосферы. // Материалы XXIX Всероссийской НТК студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы – Биомедсистемы-2016». – Рязань: Изд-во РГРУ, 2016. – С.116-119.

Микроволновый источник УФ-излучения, предназначенный для обеззараживания воздушной среды, сточных и питьевых вод

Гвоздева М.А., Богач Е.С.
Научный руководитель – д.ф.-м.н. Коссый И.А.
МАИ, каф. ПЭиБП
ainervous@gmail.com

Обработка ультрафиолетовым излучением, обладающим бактерицидными свойствами, - это высокоэффективный, экономичный, наименее опасный с экологической точки зрения способ обеззараживания воды и воздуха.

Ультрафиолетовое обеззараживание базируется на способности коротковолнового излучения проникать сквозь стенки клетки микробиологических объектов, добираясь до ее информационного центра — нуклеиновых кислот ДНК и РНК. В ДНК живой клетки хранится вся информация, которая контролирует процесс развития и нормального функционирования в клетке. При поглощении излучения ДНК и РНК теряют способность делиться, вследствие чего теряется способность клетки к размножению.

В работе приведено сравнение стандартных систем очистки воды и воздуха от грибков и бактерий с разработанной и изготовленной в ИОФ РАН установкой ОВОД. К инновационным особенностям устройства относятся следующие свойства:

- разработка и реализация оригинальной схемы запитки УФ газоразрядной ламповой системы мощным (≈ 1 кВт) микроволновым излучением, обеспечивающая

низкое погонное энерговыделение, и необходимую для эффективной генерации УФ излучения достаточно низкую ($\leq 50^0$ С) газовую температуру.

- выбор режима работы УФ ламп с реализацией «резонансного» механизма возбуждения и поддержания разряда, обеспечивающего рекордно высокую эффективность трансформации микроволнового излучения в биологически активный УФ ($\leq$ 60%).
- оригинальная конструкция устройства, позволяющая осуществлять стерилизацию УФ излучением микроволновых ламп воздушной среды помещений, потоков сбросовых или питьевых вод, твёрдых поверхностей.
- конструктивные решения, обеспечивающие надежную защищённость обслуживающего персонала от облучения при работе устройства УФ и микроволнами.
- Проведена серия экспериментов, подтверждающая конкурентное преимущество установки. Проведена апробация установки в научно-исследовательском институте ветеринарной вирусологии и микробиологии РАН.

Воздействие авиационного транспорта на окружающую среду

Гусилетов А.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.
МАИ, каф.503
chair503@mai.ru

В последние десятилетия увеличилось использование авиатранспорта во всем мире: гражданские, транспортные, грузовые и военные перевозки заняли в наш стремительный век большую часть всего транспортного сообщения. Особенно стремительный рост пришелся на пассажирские авиаперевозки. В нашей стране за последние 40 лет рост авиаперевозок увеличился практически в три раза, об этом свидетельствует не только количество пассажиров, но и увеличение парка воздушных судов (ВС) в авиакомпаниях. Это положительно влияет на экономику авиакомпаний, на увеличение пассажиропотока, но при этом использование всё большего количества самолетов в авиакомпаниях негативно сказывается на окружающей среде, наносит определённый вред экологии.

Для поиска путей решения оптимального сочетания роста авиаперевозок и сохранения окружающей среды проведен краткий анализ видов загрязнений поставляемых в окружающую среду авиационным транспортом, их влияние на экосистемы и здоровье человека и пути сокращения этих воздействий.

В докладе подробно рассмотрены основные виды загрязнения окружающей среды от силовых установок ВС : эмиссия продуктов сгорания топлива и шумовое загрязнение.

Для минимизации вредных воздействий на окружающую среду от ВС предлагаются не только применение пассивных и активных шумопоглощающих конструкций, но и создание новых моделей авиационных судов или модернизацию старых с использованием нового более экономичного и высокотехнологичного оборудования - прежде всего силовых установок на современном экологически чистом топливе с минимальным количеством выбросов в атмосферу продуктов сгорания.

Отказаться от авиаперевозок с целью сохранения окружающей среды так же невозможно, как остановить прогресс. Следовательно, единственным путем дальнейшего развития авиастроения и эксплуатации воздушных судов является путь оптимизации сочетании новейших разработок авиастроения с их экологической безопасностью.

Литература:

1. Метечко Л.Б. 2013. Экология для инженерно-экономических и технических вузов. Саарбрюкен, Германия, , Lap Lambert Academic Publishing. 520 с.

2. Метечко Л.Б., Тихонов А.И., Сорокин А.Е., Новиков С.В. 2016. Влияние экологических нормативов на развитие авиационного двигателестроения// Труды МАИ. №85 Москва, 2016.: www.mai.ru/science/trudy/

Методические аспекты штормового предупреждения и оповещения при обеспечении полетов государственной авиации

Дадушко Е.Н.
Научный руководитель – доцент, к.г.н. Маслобойщиков А.Н.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. ГО
dadushko83@mail.ru

Территория Российская Федерация обладает большим разнообразием климатическим условиями, поэтому постоянно наблюдается широкий спектр неблагоприятных и опасных гидрометеорологических явлений, которые могут наносить существенный ущерб любой деятельности человека. Достоверные и своевременные сведения о возникновении и распространении данных явлений, позволяют уменьшить или предотвратить их негативное воздействие на различные технологические процессы, особенно на деятельность авиации.

Одним из важных вопросов безопасности полетов государственной авиации является организация штормового предупреждения и оповещения. В систему штормового предупреждения и оповещения на аэродроме входит определенный круг задач, которые необходимо решать метеорологическим подразделениям с учетом физико-географических и индивидуальных особенностей базирования подразделений государственной авиации.

Рассматриваемая система условно подразделяется на ряд подсистем, выполняющих определенные действия, тесно связанные между собой функциональной связью. Подсистема наблюдений является базовой информационной частью оповещения. В ее задачи входит оперативное получение, первичная обработка и сообщение об опасных гидрометеорологических явлениях (штормовое оповещение). Перечень и критерии данных явлений определяются соответствующими нормативными документами, где учитывается не только их физико-географическое распределение, но и специфика функционирования различных потребителей. Порядок производства наблюдений за явлениями погоды является строго регламентируемым процессом, требующим грамотных действий профессионального персонала на каждом из этапов наблюдения и обработки гидрометеорологической информации. К наблюдениям могут привлекаться станции различных ведомств, дислоцирующиеся в конкретном регионе. Объем и порядок штормового оповещения метеорологических подразделений государственной авиации определяются специальной инструкцией. Постоянно (ежегодно) требуется уточнять список пунктов наблюдений и станций, привлекаемых к штормовому оповещению, что позволяет оптимально реагировать на различные изменения информационного гидрометеорологического пространства.

Подсистема обработки и передачи информации об опасных гидрометеорологический явлений предназначена для передачи данной информации к метеорологическим подразделениям и потребителям, базирующаяся на современных линиях и системах связи, которые в настоящее время широко используются на практике. Основные требования к данной подсистеме – современность, оперативность и быстродействие. Подсистема анализа и прогноза предназначена для прогноза возникновения и развития неблагоприятных и опасных гидрометеорологических явлений (штормовое предупреждение). Разработка штормового предупреждения является научно обоснованным предположением о будущем состоянии (развитии, сохранении, окончании) опасных гидрометеорологических явлений, базирующееся на современных прогностических моделей и профессионализме персонала метеорологических подразделений.

На практике, система штормового предупреждения и оповещения государственной авиации, как правило, реализуется в соответствующих Схемах и Инструкциях.

Геотермальная энергия - энергия будущего

Деревлёв Д.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Галкина Е.Е.
МАИ, каф. 311
d.r34@mail.ru

Мир потребляет несметное количество энергии. Её большая часть добывается из нефти, газа и угля. С каждым днём все более и более крепнет намерение сменить устаревшие электростанции на возобновляемые источники энергии. Люди находятся на пороге столкновения с такими катаклизмами как смена климата, распространение радиации и т.п.

Уже на сегодняшний день технический прогресс сделал доступным для человечества использование возобновляемых источников энергии. Одни из самых популярных: ветер, солнечная энергия, а также океанические течения. Однако есть и множество других, более эффективных источников, например - геотермальная энергия.

Геотермальная энергия добывается из недр земли, по мнению ученых, если мы научимся использовать всего 1% геотермальной энергии, доступной в земной коре, мы сможем решить проблему обеспечения человечества энергией.

Плюсом использования геотермальной энергии является то, что электростанции могут работать на пару, и мы можем иметь получаемый естественным образом пар, что избавляет от необходимости сжигать какое либо топливо. Геотермальная энергия не зависит от сезонных и суточных циклов. Это значительное преимущество перед другими источниками энергии, например, солнца или ветра, которые кроме того, требуют больших площадей и оказывают негативное воздействие на экосистемы в той местности, в которой работают.

К другим преимуществам использования геотермальной энергии относится то, что эта технология способна дать нам в 500 раз больше энергии, чем имеется в запасе ископаемых во всем мире, одновременно снизив угрозу глобального потепления. Геотермальные электростанции не загрязняют окружающую среду и не выделяют углекислый газ и оксид азота, в отличие от станций, которые сжигают топливо. Помимо получения электроэнергии, геотермальные станции способны опреснять воду, если устанавливать их на берегу моря или океана. Это происходит естественным путём, в результате дистилляции.

Благодаря только одному этому источнику энергии, который доступен во всем мире, возможно обеспечить большим количеством экологически чистой возобновляемой электроэнергии на сотни тысячелетий вперёд.

На мой взгляд, если бы страны объединились и выделили одну десятую часть военного бюджета и потратили их на разработку геотермальных генераторов энергии, то человечество уже давно бы забыло о том, что такое дефицит электроэнергии.

Инженерно-авиационное обеспечение воздушных судов корабельного базирования

Дулин В.В., Самуйлов А.О.
Научный руководитель – доцент, к.п.н. Дулин В.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 71
branco09@mail.ru

Инженерно-авиационное обеспечение авиации корабельного базирования предназначено для осуществления технической эксплуатации, ремонта авиационной техники, инженерно-технической подготовки личного состава авиационных частей (соединений) корабельной авиации.

Инженерно-авиационное обеспечение боевых действий является основным видом технического обеспечения авиации ВМФ, через которое реализуются другие виды технического боевого обеспечения авиационной техники.

Основными задачами инженерно-авиационного обеспечения корабельной авиации являются:

- содержание авиационной техники в исправном состоянии и постоянной готовности к выполнению задач с высокой эффективностью;
- восстановление поврежденной авиационной техники, возвращение ее в строй в возможно короткий срок;
- эксплуатация разведывательного оборудования корабельных летательных аппаратов (ЛАК);
- ввод в системы ЛАК прицельно-навигационных программ и баллистических характеристик АСПП;
- осуществление мер по защите авиационной техники и личного состава от средств поражения противника;
- проведение инженерно-оперативных, инженерно-штурманских и других расчетов при планировании боевого применения авиационной техники.

Многофункциональный истребитель корабельного базирования МиГ-29К предназначен для завоевания превосходства в воздухе путем уничтожения воздушных целей, а также уничтожения надводных кораблей, береговых объектов противника в интересах решения задач, возлагаемых на авианосные корабли в операциях, проводимых флотом на океанском и морском ТВД.

Обладая большой тяговооруженностью, высокими маневренными характеристиками и возможностями современного бортового радиоэлектронного оборудования и вооружения, самолет в условиях противодействия палубных или тактических истребителей, ЗРК и РЭП противника.

Предложение мер по повышению эффективности проведения спасательных операций за счет внутренних резервов России

Ермакова Н.О.
Научный руководитель – к.т.н. Чверткин А.Г.
МАИ, каф. ПТБиУР
ermakova2030@ya.ru

Плотность населения в России сильно различается по регионам. При этом основная часть населения сконцентрирована в так называемых «финансовых» центрах – крупных городах миллионниках. Однако современные геоэкономические условия и политическая турбулентность требуют от России существенного изменения производственной конъюнктуры – т.е. переход от сырьевой экономики к инновационной экономике знаний, которая предполагает глубокую переработку сырьевых компонентов за счет применяемых технологий и ноу-хау.

Большинство инициатив и программ подразумевают целенаправленное развитие отдельных регионов и территорий, например, газопровод «Сила Сибири», железная дорога «RAZVITIE», программа развития Арктических территорий, строительство космодрома «Восточный», перспективный проект Амурского газоперерабатывающего комплекса и многие другие. Осознавая, что значительное количество инициатив являются опасными производственными объектами, необходимо соответствующее, идущее «нога в ногу» обеспечение безопасности, как рабочих, населения, так и окружающей среды.

Таким образом, очевидна необходимость разворачивания отдельных бригад, баз и дооснащения территориальных управлений МЧС России в связи с тем, что с ростом количества населения / повышения плотности, например, в Западной Сибири, Дальнем Востоке, непременно повышает риск возникновения чрезвычайных ситуаций, а с ростом количества ОПО непременно возрастают риски аварий, разливов и т.п. В настоящее время, вслед с распределением населений, наибольшие силы МЧС сосредоточены в районах с наибольшей плотностью населений или вблизи опасных объектов.

Учитывая дефицитность бюджета на 2017 год и вероятную необходимость секвестрования расходов в дальнейшем, существует потребность в поиске дополнительных, внутренних резервов для обеспечения надлежащего уровня безопасности населения, промышленности и общей экологической обстановки.

Одним из решений может быть задействование, например, казачьих военных обществ в качестве добровольных спасательных бригад. В рамках казачьих обществ осуществляется подготовка кадров для государственной и муниципальной службы, а в программах предусмотрен курс физической подготовки. Таким образом, программы подготовки казаков довольно схожи с программами подготовки кадров для службы в МЧС России. Это свидетельствует о том, что возможно переподготовка кадров для обеспечения функционирования добровольных казачьих спасательных бригад (ДКСБ).

В пользу такого решения свидетельствует также удачное расположение казачьих обществ, например, Забайкальское ВКО и Иркутское ВКО располагаются на пути следования газопровода «Сила Сибири», Уссурийское ВКО охватывает территории расположения Амурского ГПЗ, Дальневосточного судостроительного кластера и пр.

Вместе с этим сотрудничество между казачьими войсковыми обществами и МЧС России может быть полезно и востребовано со стороны МЧС России, т.к. в КО казаки проходят специализированную подготовку конной езде, также казачьи войсковые общества имеют отличное знание территорий собственного расположения и разветвленную филиальную сеть.

Подобное взаимодействие и сотрудничество может быть оформлено соответствующим регламентом разграничения ответственностей. Тем самым ДКСБ могут осуществлять реагирование на локальные ЧС некрупного масштаба, не отвлекая основные силы и технику МЧС России.

Применение систем онлайн транслирования при проведении наземной разведки в зоне затопления

Елисеева А.А.
Научный руководитель – к.т.н. Чверткин А.Г.
МАИ,каф.ПТБиУР
lena_malis@mail.ru

Основными способами ведения разведки при наводнениях и катастрофических затоплениях являются:

- визуальный,
- фотографический,
- телевизионный,
- радиолокационный,
- по данным опроса очевидцев.

Данные способы решают такие задачи, как:

1. Определение границ и параметров катастрофического наводнения(затопления).
2. Установление мест нахождения и количество нуждающихся людей в помощи, сельскохозяйственных животных и материальных ценностей.
3. Выбор посадочных площадок для приземления вертолета в районе бедствия, мест причаливания плавающих средств.
4. Выявление состояния зданий и сооружений в зоне наводнения, наличие и характер вторичных поражающих факторов.
5. Уточнение метеорологической обстановки в зоне наводнения.
6. Контроль динамики развития ЧС

К достоинствам визуального способа можно отнести возможность оперативной оценки обстановки, выявления и состояния пострадавших, оказание им первой помощи, но также есть недостатки - зависимость от погоды, времени суток, отсутствие документирования. Фотографический способ хорош тем, что есть возможность получения детальной информации, позволяющей обнаружить и распознать объекты, их состояние. Возможность получения дополнительной информации, характеризующие скрытые свойства пострадавших объектов. Плюсы телевизионного способа – возможность получения разведывательной информации в реальном масштабе времени. Из минусов данного способа плохое качество представления разведывательной информации из-за малой разрешающей способности. Опрос очевидцев важен тем, что предоставляется

возможность получения данных о пострадавших, находящихся внутри затопленных объектов.

При проведении поисковых мероприятий необходимо:

- обследовать всю зону затопления (в назначенных границах), обращая особое внимание на места возможного нахождения пострадавших;
- определить и обозначить места нахождения пострадавших;
- определить состояние пострадавших, характер угрожающей им опасности;
- определить способы спасения пострадавших;
- устранить или ограничить воздействие на пострадавших поражающих факторов;
- оказать особо нуждающимся первую медицинскую помощь.

При проведении спасения пострадавших могут быть использованы следующие технические средства:

- коллективные спасательные средства;
- индивидуальные спасательные средства;
- средства поддержания пострадавших на воде;
- оборудование для подводных работ (аквалангы, костюмы).

Автором была разработана методика применения онлайн систем для проведения разведки в затопленных населенных пунктах. Это обеспечит документирование информации, полноту картины у руководства спасательной операцией. Что обеспечит повышение эффективности проведения спасательной операцией.

Типовой аэропорт – многофакторный источник антропогенного загрязнения природной среды

Жигулаев А.А., Морев А.О., Юшкова А.В.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Метечко Л.Б.
МАИ, каф. 503
hamonta@mail.ru

В современном мире высоких скоростей с каждым годом наблюдается неизменный рост авиаперевозок. Рост авиаперевозок предполагает значительное увеличение воздушных судов и более интенсивный режим работы типовых аэропортов, которые превращаются в мощные транспортные узлы с развитой инфраструктурой.

Несомненно, что такой мощный техногенный объект обладает целым спектром разнообразных негативных воздействий на природную среду существенно влияющих на ухудшение экологической обстановки.

В представленном докладе проводится анализ не только типовых воздействий, которые оказывают воздушные суда при их активной эксплуатации: шум и эмиссия продуктов сгорания топлива. Дополнительно к этим типичным загрязнениям исследуются множество разнообразных факторов отрицательного воздействия на окружающую среду связанных с активной круглосуточной работой высокотехнологичного объекта с развитой инфраструктурой. К этим специфичным факторам воздействия относятся физические типы загрязнения, такие как различные виды излучений, вибрация, испарения технических жидкостей и отходов эксплуатации воздушных судов.

В результате проведенного анализа предложены основные направления по снижению отрицательного воздействия типового аэропорта на окружающую среду, что несомненно является необходимой компонентой в задаче сохранения природных экосистем и находящихся в непосредственной близости к аэропорту городских территорий.

Литература:

1. Метечко Л.Б. 2013. Экология для инженерно-экономических и технических вузов. Саарбрюкен, Германия, , Lap Lambert Academic Publishing. 520 с.

2. Дубровин Е., Дубровин И. Промышленное производство и окружающая среда/ - М.: Газета «Энергетика и промышленность России», №17 (253), сентябрь, 2014. www.eprussia.ru/epr/

3. Метечко Л.Б., Тихонов А.И., Сорокин А.Е., Новиков С.В. 2016. Влияние экологических нормативов на развитие авиационного двигателестроения// Труды МАИ. №85 Москва, 2016.: www.mai.ru/science/trudy/

4. Новиков С.В. Особенности организации высокотехнологичного производства сложных технических систем в современных условиях. Успехи современной науки и образования. Т. 2. № 8, 2016. С. 62-64

Значение экологического аудита для снижения загрязнения окружающей среды

Жуков А.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Галкина Е.Е.
МАИ, каф. 311
littlelingr@mail.ru

В условиях роста загрязнения окружающей среды большое значение приобретают методы, позволяющие контролировать работу предприятий, деятельность которых влияет на нее, оценивать соблюдение этими предприятиями требований законодательства, определять эффективность работы по охране окружающей среды. Одним из таких методов является экологический аудит. Понимая его роль в снижении загрязнения окружающей среды, в России планируется принять закон об экологическом аудите, проект которого уже разработан.

Экологический аудит появился в восьмидесятых годах прошлого века. В США в 1984 году была разработана концепция экологического аудирования федеральных агентств. В ЕЭС директива об экологическом аудировании была принята в 1982 году. В России экологический аудит введен с 1993 года. В 1998 году Госкомэкологией был принят ряд правовых актов в области экологического аудита.

Экологический аудит может быть внутренним и внешним. Внутренним является проверка, проводимая самой организацией с целью предоставления руководству информации о том: где система работает некорректно или неправильно; выполняются ли приказы, распоряжения, директивы руководства; насколько система эффективна, действенна и результативна, какой она должна быть.

Внешний экологический аудит – проверка, проводимая внешней организацией. Он может проводиться по инициативе: инвестора, для определения уровня возможных расходов; органов экологического надзора и контроля, в качестве плановой проверки, либо в результате полученной жалобы; банка, для решения вопроса о целесообразности предоставления кредита; собственника предприятия, для оценки эффективности работы по охране окружающей среды для уменьшения расходов, например, при экологическом страховании; страховой компании, перед заключением договора страхования для уточнения его условий; потенциального покупателя, для определения объема затрат и издержек; общественности.

Рекомендации по организации процесса аудита содержатся в ГОСТ Р ИСО 19011-2012 «Руководящие указания по аудиту систем менеджмента», они являются основой при проведении проверок систем менеджмента качества, экологического менеджмента, менеджмента охраны здоровья и профессиональной безопасности и других систем менеджмента.

В зависимости от конкретных целей можно выделить несколько направлений экологического аудита: аудит соответствия требованиям законодательства; аудит воздействия производственной деятельности на окружающую среду; аудит экологических рисков и эколого-экономических ущербов; аудит на соответствие требованиям стандарта ИСО 14001; аудит природно-ресурсных и экологических платежей предприятия; аудит энергопотребления (водо-, ресурсопотребления); аудит эффективности природоохранных сооружений, оборудования и технологий.

Эффективность аудита во многом зависит от квалификации проводивших его лиц. Квалификация определяется качеством основного образования, качеством дополнительного образования по правилам проведения аудитов, опытом работы в этой сфере, наличием знаний в дополнительных областях и др. Также важны личные качества

аудиторов – способность к обучению, внимательность, этичность поведения, умения наблюдать и правильно задавать вопросы и др. Из вышесказанного следует, что аудиторы должны проходить соответствующую подготовку, что позволит повысить эффективность проведения аудитов.

Исследования по улучшению взлетно-посадочных характеристик самолетов корабельного базирования

Зотов С.А.
Научный руководитель – к. пед. н., доцент Дулин В.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф.71
1ZSergin@gmail.com

Безопасность полетов является основополагающим фактором при проведении работ по созданию и модернизации авиационной техники. Наиболее существенно данная проблематика отражается в области морской авиации, вследствие максимально сложных условий обеспечения взлета и посадки летательных аппаратов на палубу авианесущих кораблей.

Тенденции развития авиации ВМФ в западных странах ставят перед нашей страной вопрос о серьезном подходе к улучшению существующей базы российской палубной авиации. В настоящий момент на вооружении ВМФ РФ стоит единственный тяжелый авианесущий крейсер «Адмирал Флота Советского Союза Кузнецов» и базирующиеся на нем истребители Су-33, а также в ближайшее время истребители МиГ-29К, которые завершают государственные испытания.

Нами предлагается изменение конструкции крыла самолета Су-33 и МиГ-29К во взлетно-посадочной конфигурации. Механизация модернизированного крыла МиГ-29К и Су-33 имеет ряд особенностей. В верхней задней части модернизированного крыла установлена по направляющим жесткая сдвижная панель с возможностью выхода в поток (при действии соответствующего привода) за заднюю кромку крыла. В случае, когда панель по направляющим сдвинута назад, а закрылок выпущен в рабочее положение, существенно увеличивается общая площадь крыла по сравнению с крейсерским режимом полета и традиционным вариантом крыла с выпущенным закрылком, без сдвижной панели.

Литература:

1. Зотов С.А., Самуйлов А.О. Исследования по улучшению взлетно-посадочных характеристик самолета корабельного базирования МиГ-29К // XL Гагаринские чтения. Научные труды Международной молодежной научной конференции в 9 томах. Москва, 7-11 апреля 2014 г. М.: МАТИ, 2014. Т.2. С. 139 - 141.

2. Аржанников Н.С. Аэродинамика. М.: Машиностроение, 1956. – 483 с.

Мониторинг химического загрязнения производственной среды

Зюлина А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Калпина Н.Ю..
МП, каф. ЭБТС
nastya_zulina@mail.ru

При мониторинге химического загрязнения производственной среды за его уровнем, как правило, следят собственные сотрудники предприятия, а вся ответственность за возможный вред здоровью работников и окружающей среде лежит непосредственно на руководителе предприятия.

Организация производственного мониторинга промышленного предприятия начинается с определения отрасли, к которой оно принадлежит, изучения технологических регламентов, инвентаризации потребляемых ресурсов, выбросов и сбросов, а также анализа состояния окружающего предприятие района. На основе анализа состояния окружающей среды района и общих нормативов предприятию определяются нормативы ПДВ и НДС, соблюдение которых также входит в программу мониторинга.

По результатам мониторинга проводится специальная оценка условий труда – это комплекс мероприятий по установлению вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке степени их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных гигиенических нормативов условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

Выделение вредных веществ в воздушную среду возможно при проведении технологических процессов и производстве работ, связанных с применением, хранением, транспортированием химических веществ и материалов, их добычей и изготовлением. При этом удельный вес занятых на работах, связанных с воздействием химических факторов в РФ составляет 6,7% (по данным ВНИИ охраны и экономики труда).

В среднем доля выявленных случаев заболеваний, вызванных воздействием химических факторов составляет 6,8% (по данным Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора).

Процент профессиональных заболеваний от воздействия химических факторов и отравлений составляет в среднем 71,9% и 13,4% соответственно.

Наиболее часто профзаболевания встречаются на обрабатывающем производстве – 76%, производстве машин и оборудования – 13%, химическом производстве – 12%, добыче полезных ископаемых – 5%, а также в строительстве, сельском хозяйстве и здравоохранении и социальных услугах.

Интоксикации подвергаются: электролизники расплавленных солей – 14%, электрогазосварщики – 8%, слесари-ремонтники – 7%, электрогазосварщики ручной сварки – 3%, а также проходчики, маляры и машинисты крана.

Основные заболевания, которым подвержены работники на производственных предприятиях: флюороз – 26,24 %, химические респираторные заболевания – 7,85 %, профессиональная бронхиальная астма – 6,70 %, хронический обструктивный (астматический) бронхит – 6,51 %.

Наиболее опасным для организма человека является комбинированное воздействие химических веществ. Оно бывает 3 видов: суммация (аддитивность), синергизм и антагонизм. При нормировании совместное действие факторов не учитывается, что повышает риск быстрого развития профзаболеваний.

В связи с вышеизложенным наиболее важным представляется не только мониторинг химического загрязнения производственной среды, но и профилактика влияния как одноэлементного, так и комбинированного воздействия химических веществ на организм человека, а также пересмотр нормативной базы при комплексном воздействии на работника химически опасных факторов производственной среды.

Пути глобального распространения цезия-137 после аварий на объектах атомной энергетики и ядерных испытаний

Иванов Е.Д.
Научный руководитель − доцент, к.б.н. Иванов Д.М.
СПбГУ ГА, каф. 5
evgeniy_ivanov2000@mail.ru

Цезий-137 наиболее долгоживущий (T½ ≈ 30 лет) из искусственных изотопов цезия, которые образуются в результате работы атомных электростанций и испытаний ядерного оружия. Цезий-137 является изотопом антропогенного происхождения, поскольку его современное существование обусловлено деятельностью человека.

Атмосферные осадки после ядерных взрывов являются источником загрязнения планетарного масштаба. Между 1945 и 1980 г.г. было проведено 520 ядерных взрывов в атмосфере, продукты которых стали основными компонентами антропогенного облучения. Например, после взрыва в Хиросиме изотопы плутония и цезия были выявлены во льдах Арктики.

Также странами, владеющими ядерным оружием было проведено более 1500 подземных и подводных испытаний, что вовлекло воды мирового океана в распространение осколков деления.

После аварии на Чернобыльской АЭС (26.04.1986) в окружающую среду попало большое количество различных радионуклидов. Наибольшее влияние на современные экосистемы оказывает цезий-137, распространившийся по Европе от зоны аварии на тысячи километров, поскольку живые организмы поглощают его как аналог калия.

Соотношение изотопов цезия-134 ($T_{½} \approx 2$ г.) и цезия-137 позволяет судить о том, насколько давно произошло то или иное выпадение и с каким источником его связывать. Например, соотношение этих изотопов в грибах на западном побережье североамериканского континента показывает, что их источником являются выпадения от ядерных испытаний, а не авария на АЭС Фукусима 1 (11.03.2011). Установлено, что распространение цезия-137 после аварии на АЭС Фукусима 1 происходит через воды Тихого океана.

В европейской части России к наиболее пострадавшим экосистемам относят лесные, в которых цезий-137 включился в биогенный круговорот. Наши измерения показывают, что основное количество цезия-137 сосредоточено в верхних почвенных горизонтах, поскольку там находится основная масса живых корней древесных растений и мицелия грибов.

Также, по нашим данным, максимальное количество цезия-137 сосредоточено в очесе сфагновых мхов растущих на верховых болотах. Это приводит к накоплению цезия-137 в дикорастущих съедобных грибах, листьях и чашелистиках морошки, в количествах, превышающих разрешенные санитарными нормами и правилами.

Характерной особенностью современного распределения цезия-137 в экосистемах является его мозаичность. Нами установлено, что в нескольких метрах друг от друга могут находиться грибы, активность радионуклида в плодовых телах которых различается в 5 раз. Особенно это проявляется на границах экосистем, например, между лесом и болотом или между лесом и его заболоченным участком, где начинается рост сфагновых мхов. Такая мозаичность загрязнения обусловлена тем, что существует горизонтальный перенос цезия-137, в результате которого он концентрируется в пониженных местах с кислой реакцией среды (pH 3,0−4,0).

Таким образом, после испытаний ядерного оружия и при авариях на объектах атомной энергетики глобальное распространение цезия-137 происходит через атмосферу и гидросферу. После выпадения на земную поверхность вертикальная миграция в почве происходит за счет активности живого компонента, а горизонтальный перенос зависит от кислотно-основных свойств почвы и движения почвенной влаги.

Анализ влияния бытовых фильтров на жесткость водопроводной воды в г. Москва

Ворожейкина М. В.[1], Игнатенко П. П.[2]
Научные руководители – к.б.н., доц. Мессинева Е.М., к.т.н., доц. Мануйлова Н.Б.
МАИ, каф. ПЭиБП (2) и каф. ПиТБиУР (1)
pollianna-1997@mail.ru

Одной из важных характеристик качества воды является её жёсткость. Жесткостью называют совокупность свойств воды, связанных с содержанием в ней растворённых солей, главным образом, кальция и магния. Чаще всего измеряют общую жесткость (представляет собой сумму карбонатной (временной) и некарбонатной (постоянной) жесткости.)

В России жесткость измеряют в "градусах жесткости" (1°Ж = 1 мг-экв/л = 1/2 моль/м^3). 1°Ж = 20,04 мг Ca^{2+} или 12,15 Mg^{2+} в 1 дм^3 воды. Жёсткой считается вода с показателем выше 8°Ж. Употребление такой воды человеком повышает риски образования камней в почках и появлению сердечно-сосудистых заболеваний. В быту высокая жесткость воды приводит к образованию накипи на бытовых приборах. Но и слишком мягкая вода (с жесткостью, близкой к 0°Ж) причиняет вред здоровью человека, поскольку способствует вымыванию кальция из организма.

Санитарные требования, установленные в российских нормативных документах (СанПиН 2.1.4.1074-01 и ГН 2.1.5.1315-03) для питьевой воды, регламентируют общую жесткость – не более 7°Ж. В Москве (по данным Мосводоканала) средняя жёсткость находится в пределах 2,0-5,5°Ж, что соответствует действующим нормативам.

В процессе работы методом титрования была измерена общая жесткость водопроводной воды, отобранной в районах Кунцево (5,5°Ж) и Левобережный (4,5°Ж). Полученные результаты в целом соответствуют существующем данным.

Несмотря на то, что качество водопроводной воды в городе Москва соответствует установленным нормативам, жители города часто используют бытовые фильтры для улучшения органолептических, физико-химических и органолептических свойств воды, в том числе и для ее умягчения. В процессе данной работы было проверено, как влияют на жесткость стандартные бытовые фильтры, так же для контроля использовалось кипячение. Использовались следующие модели: АКВАФОР В300, Гейзер-Вита, Изумруд и кувшинный «Барьер». Фильтр АКВАФОР В300 основывает свою работу на использовании композиционного сорбционного материала, включающего активированный кокосовый уголь и волокнистые сорбенты с бактерицидными добавками. Гейзер-Вита очищает механическими, сорбционными и ионообменными методами. Изумруд, помимо сорбционного и ионообменного метода, использует электромагнитный. В кувшинном фильтре используют физико-химические методы отчистки. На жёсткость воды могут влиять термический, ионообменный, мембранный, магнитный, электромагнитный, комбинированный способы очистки воды. Таким образом, теоретически смягчать воду должны фильтры Гейзер-Вита и Изумруд.

В качестве исходной воды использовалась водопроводная вода, отобранная в районе Кунцево. В результате эксперимента выяснилось, что заметное влияние на жёсткость оказал только фильтр АКВАФОР В300 (в среднем понижение жёсткости составило 20%), что не соответствует заявлению производителя. Было также показано, жесткость водопроводной воды эффективнее всего (в среднем на 30%) снижает кипячение.

Таким образом, можно сделать вывод, что бытовые фильтры влияют на жёсткость воды не существенно, при этом результат, заявленный производителем, не всегда соответствует реальности. Однако для Москвы это и неплохо, так как вода в соответствующих водоисточниках по данному показателю соответствует санитарным нормам.

Методика определения направления и скорости перемещения опасных для авиации явлений погоды по данным метеорологических космических аппаратов

Качмар М.Б.
Научный руководитель – доцент, к.г.н. Расторгуев И.П.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 13
kna20071@gmail.com

Наряду с выявлением опасных метеорологических явлений и прогнозом их эволюции, одной из актуальных научных и практических задач метеорологии является определение направления и скорости их перемещения. В теплый период года, практически повсеместно, в наибольшей степени на регулярность и безопасность полетов оказывает влияние развитие конвективной облачности и связанных с ней явлений погоды (ОЯП) – гроз, сильных ливней, града, шквалов, сильной турбулентности, сдвига ветра. Актуальность решения указанной задачи определяется высоким уровнем экономических потерь и большим количеством летных происшествий, связанных с развитием атмосферной конвекции.

Определение параметров перемещения метеорологических и синоптических объектов производится с использованием гидродинамических, синоптических и физико-статистических методов. Анализ, прогноз перемещения исследуемых объектов в тропосфере, а также мониторинг точности определения фактических и ожидаемых значений направления и скорости осуществляется по приземным и высотным картам

погоды. Исходя из дискретности в пространстве и во времени наземных метеорологических и аэрологических наблюдений, точность определения, указанных характеристик, имеет значительные погрешности и не всегда удовлетворяет практическим требованиям к метеорологической информации.

В связи с изложенным представляется целесообразным использование для указанных целей данных дистанционного мониторинга метеорологических и синоптических объектов со специализированных космических аппаратов. Эти данные характеризуются высокой регулярностью (1,5-2 часа у полярно-орбитальных и 10-15 минут – у геостационарных спутников), большим пространственным охватом (полоса обзора полярно-орбитальных спутников 2500-3000км, у геостационарных – глобальный масштаб) и высокой степенью детализации (пространственное разрешение до 1-4 км).

На основе обработки и анализа большого количества аэросиноптического материала и сопутствующих аналоговых и цифровых спутниковых снимков, выработана методика определения направления и скорости перемещения опасных для авиации явлений погоды.

В основу данной методики положено правило «ведущего потока» определения перемещения естественных тропосферных объектов. На первом этапе определяются характерные объекты на космических снимках. При внутримассовой обстановке это отдельные отметки от кучево-дождевых облаков, сформированные из них гряды и комплексы. В зоне атмосферных фронтов – вершины «волн», выраженные области циклогенеза и резко очерченные границы фронтальной облачности. Период отслеживания данных объектов составил от 3 до 12 часов – большие сроки использовать нецелесообразно, поскольку претерпевает значительные изменения их конфигурация и не во всех случаях возможна достоверная идентификация.

Из рассмотрения исключались случаи с наличием синоптических объектов, распространяющихся на всю толщу тропосферы (например, циклонические вихри в 3 и 4 стадиях развития), поскольку их перемещение не подчиняется правилу «ведущего потока».

Параметры перемещения определялись по картам AT_{500} с введением поправочного коэффициента 0,8. В результате обработки сплошного ряда данных теплого сезона (июнь – сентябрь) за период с 2012 по 2016 годы установлено, что наблюдаемые с метеорологических космических аппаратов метеорологические и синоптические объекты в нижней части тропосферы (до 5-6 км) в целом перемещаются по «ведущему потоку». Отклонения по направлению укладываются в пределах ±20° на протяжении всего периода с равновероятными реализациями знака отклонения. По скорости отклонения, как правило не превышают 10 км/ч с выраженным смещением в сторону завышения скорости.

Представленная методика позволяет по данным специализированных космических аппаратов разрабатывать свехкраткосрочные прогнозы перемещения конвективных ОЯП.

Некоторые аспекты экологизации при производстве и эксплуатации авиаракетной техники

Кириченко И.Е.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Афонина О.А.
МАИ, каф. 503
inga9238@gmail.com

Основная задача XXI века – это сохранить окружающую среду (ОС) с помощью экологизации при производстве и эксплуатации авиакосмической техники, которая создает много экологических проблем. К ним относятся, в частности, механическое загрязнение районов падения отделяющимися частями техники, тепловое воздействие в непосредственной близости от стартовой площадки, выпадение кислотных осадков, акустическое воздействие, химическое загрязнение атмосферного воздуха и районов падения отделяющихся частей техники; загрязнение атмосферы электромагнитными излучениями, что также влияет на здоровье и работоспособность обслуживающего персонала.

К экологизации можно отнести любые мероприятия, снижающие опасность производства и эксплуатации авиакосмической техники, например, ресурсосбережение, малоотходные технологии, которые потом переходят в безотходные замкнутые циклы и т.п. Более полно экологизацию можно охарактеризовать как сохранение и улучшение качества окружающей среды путем последовательного внедрения систем технических, технологических, юридических, управленческих, в том числе систем экологического менеджмента и других решений, позволяющих повышать эффективность использования естественных ресурсов и снижать антропогенную нагрузку на окружающую среду (ОС).

Важную роль в снижении антропогенной нагрузки играет внедрение при производстве и эксплуатации авиакосмической техники наилучших доступных технологий (НДТ). В Федеральном законе от 10 января 2002 года № 7 – ФЗ «Об охране окружающей среды» дается определение наилучшей доступной технологии – это технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при наилучшей технической возможности ее применения.

На основе НДТ предприятиям ключевых отраслей, оказывающих существенное воздействие на ОС, выдаются комплексные экологические разрешения, которые помогают предотвращать крупномасштабные и трансграничные загрязнения, а также снижать риски возникновения аварий, что приводит к сохранению окружающей среды и здоровья человека.

Экологические проблемы региона Кавказские Минеральные Воды

Киселева А.П., Сивцов В.А., Султанов С.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Горбачев С.И.
МАИ, каф. ПЭБП
TheDeGe@yandex.ru

На территории Российской Федерации находится уникальная природная территория — Кавказские Минеральные Воды (Кавминводы, КМВ). Этот регион давно является курортом федерального значения, расположенным на территории трёх субъектов Российской Федерации (Ставропольском крае, Кабардино-Балкарии, Карачаево-Черкесии) в границах округа горно-санитарной охраны. Наиболее крупными городами, расположенными на данной территории, являются Пятигорск, Кисловодск и Ессентуки.

Кавказские Минеральные Воды – это один из старейших курортных регионов России. Широкую известность была приобретена за счет лечебных минеральных вод различного состава (нарзаны, ессентукские минеральные воды и др.), и, богатого лечебными грязями, Тамбуканского озера.

Развитие Кавказских Минеральных Вод способствовало появлению экологических проблем. За счет быстрого темпа развития региона, все больше людей переселялись на данную территорию и произошел рост местного населения. Высокая антропогенная нагрузка способствовала появлению экологических проблем. Параллельно происходило чрезмерное развитие промышленности в городах этого района, не связанной с лечебно-оздоровительными (санаторно-курортными) целями, и началось применение ядохимикатов, синтетических удобрений в сельском хозяйстве. Все это представляет реальную угрозу загрязнения гидроминеральных богатств территории курорта.

Кавказские Минеральные Воды являются особо охраняемым эколого-курортным регионом Российской Федерации с 1992 года. Урбанизация Кавминвод продолжается, а меры по защите окружающей среды не разрабатываются в достаточной мере.

Все эти факторы в наше время привели к значительному усугублению экологических проблем и нерациональному использованию уникальных природных ресурсов данной территории. Росприроднадзор в планах на 2017 год призвал уделить особое внимание проблемам этой уникальной территории.

На данный момент существуют такие проблемы как незаконные застройки природоохранных зон, множество заброшенных и устаревших скважин для добычи

минеральных вод, чрезмерная агропромышленная деятельность, выбросы и сбросы от стационарных источников загрязнения, низкий уровень экологической культуры населения. Но в первую очередь, требуют безотлагательного решения такие вопросы как некорректная утилизация бытовых и промышленных отходов, очистка сточных вод, транспортные выбросы, а также нерациональная добыча минеральных вод.

Для улучшения состояния окружающей среды необходимо стремиться к комплексному подходу к переработке отходов, созданию эффективной системы государственного управления в сфере курортного природопользования, стимулирование вывода предприятий за пределы данной территории, усиление контроля за скважинами и их лицензированием, а главное необходимо разработать оперативную систему сбора и получения информации о состоянии экологической обстановки региона Кавказских Минеральных Вод. Если никаких мер не предпринять, то будет нанесен невосполнимый ущерб экологической обстановке и гидроминеральному комплексу Кавказских Минеральных Вод.

Анализ факторов, влияющих на безопасность в аэропортах

Кононистов М.И., Лункин П.А.
Научный руководитель – Чверткин А.Г.
МАИ, каф. ПТБиУР
mishakononistov@gmail.com

Каждый из нас так или иначе сталкивался с воздушными путешествиями. Любая поездка имеет целый ритуал. Все начинается с аэропорта: под красивыми сводами этих зданий работают тысячи людей. От стойки регистрации и до нейтральной зоны задачей каждого человека в первую очередь является ваша безопасность до и во время полёта. Раньше полет на самолёте ничем не отличался от железнодорожных путешествий. Люди приезжали на аэровокзал, показывали билеты на самолёт и улетали, с минимальными потерями во времени. Ещё минимальнее был досмотр туриста. Правила личной безопасности граждан во время авиаперелетов граждан существенно ожесточились после серии терактов 9 сентября 2001 года в США. Миллионы людей по всему миру сейчас выполняют свой труд, чтобы максимально обезопасить полеты и не допустить недоброжелателя на борт самолёта.

Современные аэропорты являются цитаделью безопасности, по крайней мере так говорят сотрудники. Новейшие изобретения науки в области безопасности в виде биометрических датчиков, различных металлоискателей и систем обнаружения бактериологических возбудителей болезней, действительно, обеспечивают надежную защиту от различного рода правонарушений. Но абсолютной безопасности не бывает, об этом нам говорит доктрина приемлемого риска. Существуют целые отделы безопасности, целью которых является оценка опасности угрозы, а так же сведение приемлемого риска к возможному минимуму в аэропортах. Стоит сказать, что многочисленные исследования в области анализа рисков дают свои плоды. Так российские специалисты по безопасности имитировали в аэропорту Каира ситуацию с попыткой проноса в зал прилета ложного взрывного устройства. Эксперты трижды пытались пронести макет бомбы в зал прилета второго терминала, однако каждый раз сотрудники службы безопасности находили подозрительные предметы.

Из этого можно сделать вывод, что научные изыскания в области анализа рисков аэропортов являются актуальными и будут актуальными очень долгое время. Авторским коллективом было проведено исследование влияния различных факторов на безопасность аэропортов. В ходе проведенного авторами анализа риска был сделан вывод о том, что фактором, наиболее существенно влияющим на безопасность аэропортов является человеческий фактор. Данные исследования позволят производить более точечное, а значит более эффективные меры по повышению безопасности в сфере обслуживания аэропортов.

Автономный источник энергосбережения обособленных отделов хранения складов авиационно-технического имущества

Копачев Д.О.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Боков М.М.
ВУНЦ ВВС «ВВА»,
kopa4iow@yandex.ru

Автономные источники энергии сегодня рассматриваются как перспективные энергетические системы из-за отсутствия вредных выбросов. Территория Российской Федерации достаточно насыщена реками, в особенности мелкими, которые имеют не большую скорость течения, но несут в себе большое количество энергии. Поэтому, при рассмотрении вопросов энергообеспечения военных объектов, в частности обособленных отделов хранения складов АТИ для их диверсификации энергообеспечения, наш взор упал на включение в эту систему источника энергии на основе механизма преобразования механической энергии вялотекущих рек в электрическую энергию. Даны теоретические обоснования предложенных решений. Проведены эксперименты на действующей модели (масштаб 1:10 по ротору), которые подтвердили правильность предложенных решений.

Целью работы является разработка и создание модели технического устройства, позволяющего генерировать электроэнергию, используя энергию водяного потока, имеющего небольшую скорость 0,2-0,4 м/сек. Например, скорость течения реки составляет 0,2-0,6 м/сек, притом, что существующие агрегаты рассчитаны на более высокие скоростные потоки (свыше 1 м/сек).

Решение, поставленной в работе задачи, подразделяется на следующие предложения:

Первое – искусственное увеличение скорости потока за счет комбинации конфузоров.

Второе – увеличение КПД движителя гидротурбины за счет грамотного подбора лопастей движителя и применение на них неподвижных закрылков.

При условии того, что скорость потока составит 0,2 м/сек, КПД установки 50%, а сечении заборной горловины 12 м^2, то получаемая при этом мощность электрического тока составит порядка 2,3 кВт, а при скорости водного потока 0,6 м/сек – 27 кВт

Наш агрегат представляет конфузор, входное сечение прямоугольной формы которого составляет 6×2 м, диаметр ротора 0,8 м, от которого передается вращение на генератор. Искусственное увеличение скорости воды значительно увеличило крутящий момент ротора (было рассмотрено несколько вариантов комбинаций конфузоров).

Для увеличения крутящего момента ротора гидротурбины и соответственно КПД, было предложено применить на лопасти ротора турбулизированный профиль G417B с опущенным закрылком, так как он эффективно работает при малых скоростях потока.

Результаты опытов подтвердили гипотезы, хотя и с некоторой корректировкой. Скорость воды в плоскости вращения ротора гидротурбины возросла в 2,75 раза (ожидалось в 5 раз). Мощность движителя с закрылками возросла на 22% по сравнению с таким же движителем без закрылков (ожидалось 30%). КПД установки составил 46%, что чуть ниже расчетного, но достаточного для обеспечения электроэнергией небольших обособленных отделов хранения складов АТИ, стоящих на берегу реки.

Маёвцы помогают решать проблемы экологии

Королева А.В. , Емельянов Д.О.
Научные руководители — доцент, к.т.н. Белова С.Б.,
ст. преподаватель Чибисова Е.В.
Ступинский филиал МАИ, каф. ЭиУ, МСиИТ, ТПАД
sf_mai@rambler.ru

Экологические проблемы в России столь серьезны, что 2017 год был объявлен годом экологии. Для студентов Московского авиационного института (национального исследовательского университета) и его Ступинского филиала год экологии начался еще в 2015 году с создания общественного движение «ЭкоСтупино» в городе Ступино

Московской области. Градообразующими предприятиями города являются предприятия авиационного комплекса, такие как СМК, СМПП, Аэросила и другие.

Экология Московская область подвержена огромной нагрузке. Это связано с рядом причин, важнейшие из которых: несовершенство законодательства, низкий уровень экологического сознания населения, использование территории области для утилизации ТБО населения не только области, но и всей Москвы. Удельный показатель объема захоронения отходов по Московской области является одной из самых высоких в России.

Ступинский филиала МАИ, инициатор «ЭкоСтупина», поставил своей целью сделать Ступинский муниципальный район местом, в котором приятно жить и отдыхать; прививать населению и гостям района «экологическое сознание» взамен «мусорному». Движение непрестанно развивается. Маёвцы стараются сделать наш уголок планеты Земля самым чистым и красивым.

Благодаря трём годам работы «ЭкоСтупино» смогли добиться многого:

1. Кардинально очистить пляж «Лесного Озеро» и берега Оки от свалок мусора;
2. На месте бывшей свалки у реки Оки разбить эко-клумбу;
3. Установить контейнер для мусора у реки на прибрежном пляже;
4. Провести ряд опросов по вопросу раздельного сбора отходов и состоянию полигонов.
5. Собрать подписи в поддержку создания цивилизованных мест отдыха.
6. Начать работу по созданию системы опроса в виде онлайн-ресурса (веб-сайта).

В рамках экологической кампании «ЭкоСтупино» в целях экологической пропаганды и просвещения впервые в городе Ступине проведены интерактивные культурно-образовательные мероприятия, в которых был использован новый, актуальный подход для привлечения внимания молодой аудитории к проблеме экологии:

- Молодежный экологический форум;
- Арт-этно-эко-проект "Красивая Земля"
- Экологический арт-проект "Мусорный шик"
- Экологический фестиваль «ЭкоСтупино – мы меняем сознание».

За вклад в решение экологических проблем проект «ЭкоСтупино» был удостоен в 2016 году премии губернатора Московской области в номинации «Зеленый регион». В составе инициативной группы – студенты и преподавателя Ступинского филиала МАИ.

В 2017 году Ступинский филиал МАИ включился в работу по созданию в Ступине первого ЭКО кампуса и первой ЭКО школы в рамках международной программы «Зеленый флаг».

Влияние запусков ракет-носителей на околоземное пространство

Кочеткова.А.Д., Пичужкин П.В.
МАИ, каф. 610
nastya12970@yandex.ru

Ракетно- космическая техника является неотъемлемой частью современного мира. Объемы выводимых на орбиты КА постоянно увеличивается. Ежегодно производится около 100 – 120 пусков РН различной грузоподъемности. Массовые пуски КА сопровождаются выбросом большого количества продуктов сгорания.

Наиболее опасным для околоземного пространства признается выброс химических вредных веществ: **HCl, $A1_2O_3$, CO, CO_2, H_2, Окислы N_2, H_2O.**

Необходима оценка степени воздействия на окружающую среду, для предотвращения критического загрязнения атмосферы. Одним из способов выявления влияния негативного воздействия на атмосферу является экологический мониторинг, с помощью которого можно наблюдать превышение показателей ПДК загрязняющих веществ в атмосфере при запуске КА.

На сегодняшний день известны вещества наиболее распространенные и опасные для атмосферы.

- Тропосфера. Влияние РН на этот слой несущественно так как выделяемый при стартах ракет- носителей и других КА вещества разбавляются в пространстве, и их

концентрация быстро уменьшается до предельно допустимой. Однако, выбросы хлористого водорода и окислов алюминия, содержащиеся в продуктах сгорания некоторых носителей, выбрасывающихся в тропосферу, могут привести к следующим явлениям:

- токсичное загрязнение облачного покрова,
- выпадение кислотных дождей непосредственно в районе старта ракеты,
- увеличение концентрации в воздухе взвешенных частиц.

- Стратосфера. Содержание озона в атмосфере постоянно падает и одной из причин является антропогенное загрязнение стратосферы. Источник данного загрязнения могут быть фреоны, которые используются в аэрозольных установках и в качестве хладоагента в холодильниках и кондиционерах. Локальные эффекты, связанные с воздействием на стратосферный озон, могут достигать значимых величин.
- Ионосфера. Жидкостные и электрические ракетные двигатели, которые сопровождаются выбросом в окружающую среду молекул воды и водорода или ионов аргона и электронов ,приводят к образованию «ионосферных дыр», имеющих большие пространственно- временные масштабы. Площади «ионосферных дыр» достигают 1,3 млн.кв.км и существуют несколько часов.
- Проводимые исследования в области выявления влияния запусков ракет-носителей на околоземное пространство должны минимизировать влияние на окружающую среду и свести на нет экологический ущерб. В настоящее время уже выявлены такие основные проблемы как:
  - разрушение озонового слоя,
  - засорение атмосферы окислами металлов, углерода, азота,
  - засорение ближнего космоса - частями отработанных космических аппаратов.

Таким образом, подводя итоги можно сделать вывод, что экологические проблемы околоземного пространства чрезвычайно актуальны и требуют поисков решений.

Производственный шум на предприятиях авиастроения и методы борьбы с ним

Крылов Р.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Кабанов А.С.
МАИ, каф. 508
hunterflowerone@gmail.com

Борьба с шумом является одной из самых актуальных проблем современного мира. Шум оказывает влияние на нервную систему, снижает работоспособность, лишает человека банальной возможности сосредоточиться, не говоря уже о том, что длительное воздействие высокого уровня шума может оказывать пагубное влияние на здоровье и даже развивать сердечно-сосудистые и психические заболевания, повреждения органов слуха. По статистике, в России около 9,6% всех профессиональных заболеваний так или иначе возникают из-за воздействия шума, и как правило большинство из них переходит в хроническую форму. Шум способен нанести акустическую травму, мгновенную глухоту или временное понижение звуковой чувствительности. Абсолютно безвредным для человека является шум в диапазоне 20-30 дБ, уровень выше 50 дБ уже вызывает у человека беспокойство и нервозность.

На авиастроительном предприятии работники постоянно подвергаются воздействию тех или иных неблагоприятных производственных факторов. Среди этих факторов одно из первых мест по влиянию на человека занимает шум. Работники авиастроительных заводов имеют дело с тяжелой промышленной деятельностью, среди которой работа слесарей, обрубщиков, термистов, сварщиков и транспортировщиков. Деятельность на авиастроительном заводе сопряжена с большим уровнем вибрации, что в свою очередь оказывает влияние и на общий уровень шума.

Проблему с подавлением шума необходимо решать еще на стадии проектирования здания и организации производственной среды. В первую очередь необходимо обеспечить выделение отдельных помещений и ангаров под особо шумное

производство (такое, как сварка большого количества деталей), обеспечить управление производственными средствами на расстоянии, так чтобы влияние шума на человека не выходило за рамки существующих норм, в этом способно помочь как дистанционное управление оборудованием, так и автоматические системы управления. При работе на тяжелом оборудовании и управлении машинами на авиационном производстве важно обеспечить управляющему прочную защиту от шума рабочей деятельности. При работе с источниками сильного шума, работникам необходимо использовать средства звуковой защиты такие как наушники, при этом важно, чтобы эти средства были гигиеничными и удобными в использовании.

Требования к степени снижения шумового фона на промышленных предприятиях постоянно растут, а потому особым спросом пользуются новейшие разработки в сфере звукоизоляции. В первую очередь для этих целей требуется все более компактная и тонкая конструкция звукопоглощающих материалов, при этом обладающая большей плотностью. Современные звукоизоляционные панели обладают повышенной плотностью и многослойностью, при этом они включают в себя несколько демпферных мембран, что в совокупности с тонкой конструкцией снижает общий уровень громкости проходящего звука на 45 дБ, позволяя в совокупности с другими методами звукоизоляции добиться приемлемого уровня шума <70 дБ.

Таким образом, используя современные и постоянно улучшающиеся средства звукоизоляции, а также следуя другим основным правилам в борьбе с шумом, можно снизить общий уровень профессиональной заболеваемости на авиационном предприятии и сделать работу на нем более комфортной.

Материальное поощрение как метод формирования культуры обращения с отходами

Кудряшова В.Д., Моргунова А.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Юлдашев А.А.
МАИ, каф. 104
Veronika030198@bk.ru

С каждым годом жизнедеятельность людей приводит к появлению различных видов отходов, несущих потенциальную опасность для всех живых организмов. Во многих странах, в том числе и в России, проблема загрязнения окружающей среды и способа утилизации мусора является актуальной и требует срочного решения.

Авторами работы предлагается социальный проект для сотрудничества с «Общероссийским народным фронтом», а также волонтерскими организациям, в котором рассматривается способ стимулирования раздельного сбора отходов и их утилизации.

В качестве примера был выбран Юго-Восточный округ города Москвы, где Ростехнадзор провел анализ загрязнения окружающей среды. Выяснилось, что перерабатываются только 3-4 % отходов, остальная часть располагается на полигонах твердых бытовых отходов, расположенных недалеко от населенных пунктов.

Целью проекта является привлечение подростков и молодежи к решению проблем загрязнения окружающей среды, формирование у них бережливого отношения к окружающей среде, культуры обращения с отходами потребления, а в будущем, при работе на предприятии, культуры обращения с отходами производства.

В проекте предлагается за короткий срок – 2 месяца, собрать максимальное количество отходов тары. Особенностью проекта является материальное поощрение участников: за каждые 3 принесенные бутылки вручается 0,5 л. напитка. Для достижения цели потребуется реализовать следующие задачи:

- необходимо найти место для приема бутылок и обустроить его;
- организовать набор добровольцев для привлечения подростков и молодежи;
- произвести закупку различных напитков для поощрения контингента целевого возраста, принявшего участие в проекте.

После выполнения перечисленных задач происходит активизация деятельности добровольцев. Они в течение одного месяца распространяют листовки, плакаты и проводят агитационные мероприятия в учебных заведениях. Далее процесс делится на два

этапа. На первом этапе между привлеченной долей населения и добровольцами происходит обмен по следующей схеме: каждый, кто приносит отходы в виде бутылок, получает в качестве поощрения напиток на выбор, а также может оставить отзыв или пожелание. Второй этап предполагает заключение договора между руководителями проекта и мусороперерабатывающими заводами на поставку им отходов.

Бюджет проекта составляет 77 724 рублей. Анализ проекта по разным критериям эффективности: социальной и экономической эффективности, информационной открытости, организационной компетентности, подтвердил рентабельность идеи за короткий срок.

Таким образом, предложенный метод борьбы с загрязнением окружающей среды отходами потребления позволяет постепенно улучшать экологическую ситуацию, воспитать экологическую культуру у граждан и привлечь разные слои общества к решению экологических проблем.

Учет грозовой деятельности в центральных районах республики Мозамбик для обеспечения безопасности полетов авиации

Кумбана А.Ж.
Научный руководитель – доцент, к.г.н Закусилов В.П.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. ГО
zakusilov04@yandex.ru

Грозовая деятельность существенно влияет на безопасность деятельности авиации. Возникновение гроз связано с развитием кучево-дождевой облачности, в которой наблюдаются интенсивные восходящие и нисходящие движения (в отдельных случаях свыше 30 м/с), которые могут вызывать катастрофические перегрузки и потерю управления летательным аппаратом. При поражении самолета молнией нередко выходят из строя средства связи и навигации, электросиловое оборудование, могут разрушаться диэлектрические и даже металлические конструкции самолета. Иногда поражение самолета молнией приводит и к гибели людей. Согласно руководящих документов, летательным аппаратам запрещается подходить к грозовым облакам ближе 10 км, а полеты в зоне грозовой деятельности категорически запрещены.

Формирование грозовой облачности и, следовательно, грозовая деятельность зависит от климатических условий и рельефа местности. По поверхности планеты грозы распределяются неравномерно. Над океаном гроз наблюдается приблизительно в десять раз меньше, чем над континентами. В тропической и экваториальной зоне наблюдается около 78% всех молниевых разрядов. Максимум грозовой активности приходится на Центральную Африку.

Целью работы является анализ количества и продолжительности гроз в центральных районах республики Мозамбик в теплое полугодие.

Республика Мозамбик расположена на юго-восточном побережье Африки, в субэкваториальном и тропическом климатических поясах. Зима и лето различаются между собой, в основном, условиями увлажнения. Лето - почти повсеместно сезон дождей, зима - бездождевой сезон.

Особенности грозовой деятельности на территории республики Мозамбик исследованы по статистическим данным аэропорта Шимойо, располагающегося в средней континентальной части республики. В качестве исходных использовались суточные наблюдения с фиксацией продолжительности гроз, наблюдаемых в сезоне дождей (с октября по март) за период с 2004 по 2014 годы.

В результате анализа исходных данных выявлено:

1. Среднее распределение числа гроз по месяцам: максимум приходится на декабрь-январь, когда наблюдается в среднем 19-18 дней с явлением, минимум приходится на октябрь – в среднем 5 дней.

2. Средняя продолжительность гроз по месяцам: максимум приходится на декабрь – примерно 270 часов и на январь – 230 часов, минимум отмечается в октябре – 30 часов и в марте – 130 часов.

3. Соотношение числа гроз и их продолжительности по месяцам: по числу случаев и средней продолжительности максимум приходится на декабрь – январь месяцы, минимум на начало сезона (октябрь). К концу сезона происходит плавное уменьшение продолжительности гроз, что не скажешь о числе гроз. Видимо, грозы свойственны и для начал сухого сезона, но по продолжительности они становятся кратковременными.

4. Распределение числа случаев и продолжительности гроз в течение суток: во всех рассматриваемых месяцах продолжительность гроз значительно больше в период 12-18 часов, т.е. в период максимального развития термической конвекции. Несколько меньше гроз наблюдается в период 18-24 часа, в период начала разрушения кучево-дождевой облачности. Значительно меньше продолжительность гроз отмечается в период 0-6 и 6-12 часов. В этот временной отрезок термическая конвекция практически отсутствует, и грозы в это время связаны с адвекцией теплого воздуха, что бывает не так часто.

Комплексная защита экипажа истребителя при маневрировании

Кучевский С.В., Мацко Д.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Онуфриенко В.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 91
faust2@bk.ru

Полеты современного высокоманевренного истребителя сопровождаются воздействием на экипаж неблагоприятных факторов полета. К наиболее опасным из них относятся перепад давления и воздействие перегрузки маневрирования [1,2]. В связи с возросшими техническими возможностями истребителей и увеличением высот и скоростей полета, существующие системы жизнеобеспечения - противоперегрузочная система и система регулирования давления воздуха в кабине – не способны в полной мере удовлетворить всем требованиям по обеспечению безопасности полета.

Для обеспечения безопасности полетов экипажа истребительной авиации при интенсивном маневрировании предлагается комплексная система защиты экипажа. Она включает в себя принудительное управление регулирующими органами (регулятор давления и регулятор подачи в системе регулирования давления воздуха и автомат давления в противоперегрузочном костюме) по прогнозируемым значениям изменения пространственного положения самолета в полете при отклонении ручки управления самолетом.

Алгоритм прогнозирования перегрузок заключается:

1. Восстановление на борту воздушного судна траектории среднего значения допустимой перегрузки.

2. Формирование прогнозируемых значений перегрузки по отклонению ручки управления самолетом.

3. Прогнозирование выхода вертикальной перегрузки на опасные значения.

4. Коррекция законов управления противоперегрузочных устройств.

Алгоритм работы системы регулирования давления воздуха:

1. Прогнозирование изменения давления воздуха в кабине воздушного судна $P_к$ с учетом изменения вертикальной скорости по отклонению ручки управления самолетом.

2. Выбор закона управления регулирования давлением воздуха в кабине воздушного судна.

3. Определение оптимальных параметров регулирования газовой среды в герметической кабине.

Таким образом, по прогнозируемым значениям пространственного положения воздушного судна, полученным по отклонению ручки управления самолетом, путем упреждающего управления регулирующими органами снижается влияние неблагоприятных факторов полета на экипаж. Тем самым повышается защита экипажа истребителя и, как следствие, повышается безопасность полетов.

Жизнеобеспечение экипажа маневренного воздушного судна при перепаде давления

Кучевский С.В., Носов А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Онуфриенко В.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 91
faust2@bk.ru

Для обеспечения безопасности полета и защиты экипажа от воздействия неблагоприятных факторов, на борту воздушного судна предусмотрена герметическая кабина, в которой создана искусственная атмосфера. Одним из параметров искусственной атмосферы, созданной на борту воздушного судна, является барометрическое давление. Для его создания предусмотрена система кондиционирования воздуха с системой регулирования давления воздуха в ней.

С увеличением маневренности современных воздушных судов, а также с увеличением высот и скоростей полета, существующие системы не в состоянии полностью обеспечивать поддержание требуемых параметров искусственной атмосферы. Для решения данной задачи необходимо обеспечение двух условий . Первое: поддержание давления воздуха в герметической кабине воздушного судна в зависимости от высоты полета, второе: обеспечение скорости изменения давления воздуха в кабине, в зависимости от требований руководящих документов.

Предлагается управляемая система регулирования давления воздуха в герметической кабине. Суть системы заключается в изменении давления воздуха в кабине путем принудительного изменения положения регулирующих органов (клапан регулирования подачи и клапан регулирования давления). Применение данной системы позволяет поддерживать давление воздуха в зависимости от высоты полета и скорость изменения давления воздуха в герметической кабине не выходя за рамки накладываемых техническими требованиями ограничений. Для обеспечения работы системы предлагается программа регулирования давления воздуха:

1. Прогнозирование изменения давления воздуха в кабине воздушного судна $P_к$ с учетом изменения вертикальной скорости по отклонению ручки управления самолетом.
2. Выбор закона управления регулирования давлением воздуха в кабине воздушного судна.
3. Определение оптимальных параметров регулирования газовой среды в герметической кабине.

Таким образом, предложенная система регулирования давления воздуха позволяет полностью обеспечить выполнение всех требований, накладываемых технической документации, при создании искусственной атмосферы. Тем самым обеспечить жизнеобеспечение экипажа воздушного судна и повысив безопасность полетов.

Мониторинг весеннего половодья на территории Российской Федерации

Кучерова М.Е., Оксентюк А.С.
Научный руководитель – к.т.н. Чверткин А.Г.
МАИ, ПТБиУР
annet.oks@yandex.ru

С наступлением весны происходит достаточно резкое таяние снега и ледников, в результате чего происходят половодья, которые характеризуются значительным увеличением объема воды в реках и ежегодно повторяющихся в один и тот же сезон. Данное природное явление наносит значительный экономический и имущественный урон, а так же может привести к человеческим жертвам.

Весеннее половодье охватывает Восточно-Европейскую часть России, территории Урала, Сибири и Алтая, где проходит до 60% годового стока. Из истории известно, что, к примеру, в **1998 году** в Якутии, в районе города Ленска, уровень воды в реке Лена поднялся на 11 м, который был вызван двумя ледяными заторами во время таяния снежного покрова. В зоне чрезвычайной ситуации было зарегистрировано 97 тысяч

человек. Сумма погибших составило 15 человек. Экономический ущерб был нанесен в несколько сотен млн. рублей. Еще одним примером является чрезвычайная ситуация, произошедшая в южном районе Хакасии в апреле 2004 года. В результате сильного половодья и слабых мониторинговых технологий было затоплено 24 населенных пункта. Число погибших составило 9 человек, а экономический урон оценивался выше 29 млн. рублей.

На данный момент времени для предупреждения о наводнениях и предотвращения чрезвычайных ситуаций проводится постоянный мониторинг в бассейнах рек в период ледостава (зима) и весеннего половодья (весна-лето), которое подразделяется на несколько этапов.

Первый этап обуславливается расчетом риска затопления при формировании максимальных расходов воды различного «зарождения» на основе исторических статистических данных и определяется гидрометеорологическая характеристика территории.

На втором этапе определяются сроки прогноза половодья, предстоящего на данной территории, оцениваемыми параметрами которого служат стокоформирующие факторы.

Третий этап - прогнозный заблаговременный расчет максимальных расходов и уровней для конкретного года (события). Опираясь на информацию, которая была получена на 2-м этапе, дается оценка риску развития неблагоприятных и опасных явлений в условиях конкретного сезона.

Четвертый этап включает в себя краткосрочный прогноз максимальных уровней и зон затопления, включающий в себя расчет времени наступления волн половодья, их сочетания на базе оперативной гидрометеорологической информации, которая формируется на основе спутниковых съемок в период весеннего половодья на крупнейших реках России, и дистанционного зондирования. Данный проект носит название «Половодье», который ведется с 2009 г., разработанный Российским Инженерно-Технологическим Центром «СКАНЭКС» в интересах МЧС и Росгидромета.

Авторским коллективом было проведен анализ методов мониторинга рек в период весеннего половодья. Благодаря разработкам инновационных технологий значительно повышается точность данных, по которым рассчитываются прогнозы предстоящего подъема уровня вод в реках России и риск затопления территорий, прилежащих к ним. Заблаговременный прогнозный расчет позволяет сформировать определенные мероприятия по защите населения. Эффективность мониторинга за последние три года значительно улучшилась, а его развитие осуществляется и в настоящее время.

Методические аспекты управления профессиональными рисками на предприятиях авиационного машиностроения

Любимская Е.Р.
Научный руководитель – ст. преподаватель Кабанов А.С.
МАИ, каф. 508
lenok.lyubimskaya@mail.ru

Обеспечение безопасности человека в процессе его труда показывает себя как сложная организационная задача, которая находится в зависимости от определенных обстоятельств и условий производства.

В предложенном докладе исследованы как сами необходимые процедуры управления рисками, так и методы их оценки.

Очевидно то, что персонал машиностроительных предприятий должен быть уверен, что ему предоставлено максимально безопасное рабочее место. Специфичность авиационного машиностроения состоит в высокой наукоёмкости и трудоемкости. Персонал таких предприятий обязан отличаться высоким уровнем инженерной и технической квалификации, вследствие этого нужна система управления профессиональными рисками которая будет показывать конкретные результаты.

В соответствии с Концепцией демографической политики РФ на период до 2025 года одной из долгосрочных стратегических целей государства является понижение

уровня смертности и травматизма от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, связанных с переходом в сфере охраны труда к системе управления профессиональными рисками.

Координация управления профессиональными рисками заключается в наборе взаимосвязанных мероприятий, которые содержат меры по выявлению, оценке и сокращению профессиональных рисков. Что санкционирует обеспечение безопасности и улучшение условий труда на предприятии.

В Российской Федерации от 20 % до 40% всех трудовых потерь прямо либо косвенно связанны с неудовлетворительными условиями труда. Система вторичной профилактики практически разрушена, а первичная профилактика не дает необходимую эффективность.

Оценка индивидуального и группового риска была проведена на предприятии авиационного машиностроения ПАО «Салют» для работников основных профессий. Было установлено, что 86,2% опрошенных работников оценивает свою работу как чрезмерно напряженную по различным причинам. Оценка индивидуального профессионального риска показала, что не менее 50% сотрудников основных профессий авиационного машиностроения подвергаются в процессе труда очень высокому и высокому профессиональному риску, который указывает на необходимость радикального улучшения условий труда в отрасли.

Концепция профессионального риска сконцентрирована на количественной оценке возможного ущерба здоровью сотрудников, а также на обосновании управленческих решений по управлению риском.

Анализируя экономическую эффективность принятия управленческих решений по профессиональным рискам, нужно помнить о том, что расходы на мероприятия по охране труда окупают себя в будущем.

В настоящее время в России в сфере охраны труда имеются проблемы в системе управления профессиональными рисками.

В выводах автором отмечено, что нормативное обеспечение и методика для внедрения системы оценки и управления профессиональными рисками на предприятиях авиационного машиностроения еще не сформирована.

Прогнозирование риска подрыва военной безопасности РФ в современных условиях

Мартынов Г.О.
Научный руководитель – доцент, д.т.н. Белов П.Г.
МАИ, каф. ПТБиУР
martynov03_95@mail.ru

Вооруженные конфликты остаются печальной приметой и нынешнего времени. Более того, значение фактора военной силы в мировой политике в последнее время возрастает. Не случайно в официальных документах Российской Федерации, отмечается, что «значение военной силы в постбиполярном мире не уменьшилось. Более того, в начале XXI века обозначились процессы повышения роли военной силы для обеспечения политических и экономических интересов государств мира».

Актуальность исследования природы и содержания риска подрыва военной безопасности обусловлена следующими обстоятельствами.

Во-первых, обострение схватки наций за все более дефицитные не возобновляемые природные ресурсы Земли. Эта борьба есть следствие того ресурсно-демографического кризиса, который переживает нынешнее человечество, и которой обусловлен нежеланием одних стран сократить темпы потребления, а других – прироста населения. Данное обстоятельство, усугубленное порочностью доминирующего в мире финансово-экономического уклада, уже привело к очередному мировому кризису, одним из способов его преодоления, как показывает исторический опыт прошлого столетия, опять может стать «большая война» всех против всех.

А вот наша страна в этой связи вновь демонстрирует свою уникальность: запасы ее, природных ресурсов всё ещё велики, тогда как численность населения мала.

Декларируемые же нынешним руководством России намерения вести суверенную политику, с одной стороны, и скорая возможность Китая оттеснить США в мировом лидерстве – с другой, стимулируют последних к силовому решению накопившихся проблем. Тем более что подобный положительный опыт у них есть, равно – как и намерение сохранить и впредь высокое качество жизни всей нации.

Во-вторых, сохранение тенденции к повышению температуры приземного воздуха в ближайшие десятилетия окажется благоприятным лишь для России, которая является страной с самым холодным в мире климатом. Ведь его потепление сделает нашу Сибирь «житницей планеты», а Северный морской путь – пригодным для постоянного мореплавания. В тоже время легкая пресная и холодная вода Арктики, возникшая после быстрого таяния льдов, станет препятствием на пути тяжелых соленых и теплых потоков Гольфстрима, что окажет губительное воздействие на климат не только Западной Европы и Северной Америки, но и большинства других стран мира.

Правомерность утверждений о росте приземной температуры подтверждается как достоверными фактами последних двухсот лет, так и соответствующими прогнозами к концу 20-го века – наибольшим ее приростом на Севере и таким же уменьшением площади морских льдов. Если же учесть меньшую предрасположенность территории России к возможным планетарным бедствиям, вызванным наблюдаемой ныне интенсивной фазой очередной циклической перестройки Земли, то ценность овладения нашей страной, а значит – реальность военной агрессии на Россию не вызывает сомнений.

На этом и ограничимся в демонстрации доводов в пользу необходимости и актуальности заблаговременного прогнозирования риска военной безопасности РФ. Вот почему, по мнению автора, следует уделять основное внимание прогнозированию военной агрессии с целью априорной количественной оценки риска ее наступления.

Влияние возраста самолёта на безопасность полёта

Мартиросова К.И., Морозова А.А.
Научные руководители — профессор, д.т.н. Зотов А.А.,
доцент, к.т.н. Карапетян Т.С.
МАИ, каф. 108Б
lina.alinamorozova@yandex.ru

Проблема длительно эксплуатируемых самолетов – значительный вызов для производителей самолетов, пользователей и сертификационных центров. Многочисленные меры принимались с течением времени, чтобы понять технические проблемы и рекомендовать новые сертификационные и эксплуатационные предписания.

Стареющие самолеты в России начали эксплуатироваться до 1974 г. и имеют Аттестат о годности к эксплуатации СССР.

Первое время самолеты сертифицировались по различным стандартам относительно размеров повреждений согласно принципу «безопасного разрушения». Концепция «безопасного разрушения» базировалась на статическом анализе с разрушенными или частично разрушенными некоторыми силовыми элементами. Предполагалось, что разрушенные элементы не несут какой-либо нагрузки и оставшаяся неповрежденная часть конструкции должна быть способна выдержать уровень нагрузок «безопасного разрушения», определенный с помощью обычного статического расчета конструкции.

Важным элементом поддержания летной годности старых самолетов России является поэтапное продление ресурса. Поэтапность вызвана трудностями прогноза ресурса на большой срок эксплуатации, возможными изменениями условий эксплуатации и т.д. величина интервала между этапами не оговорена в нормативно-технической документации.

Оценка областей, которые чувствительны к локальным повреждениям, включает следующие мероприятия. Во-первых, проверка всего опыта и заключений об усталостных испытаниях больших фюзеляжей. Во-вторых, проверка всех имеющихся расчетов. И наконец, проверка всех существующих мер технического обслуживания.

В работе рассматриваются методы анализа конструкций, которые подвержены локальным повреждениям, многоочаговым повреждениям и множественным повреждениям в одинаковых/различных деталях, как в оригинальных конструкциях, так и в конструкциях после ремонта.

Проблемы комплексной оценки экологической безопасности конструкционных материалов с учетом стадий полного жизненного цикла изделий

Науменков А.А.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Мануйлова Н.Б.
МАИ, каф. ПЭБП
naum1994@rambler.ru

Современные материалы, как правило, представляют собой сложные комбинации разнородных веществ, по-разному влияющих на человека и окружающую среду (ОС). Традиционно применяемые нормативные подходы к безопасности материалов не обладают достаточной эффективностью, поскольку учитывают и лимитируют только последствия и уровень негативного воздействия на ОС и человека и не могут быть непосредственно применены при решении вопроса выбора материала изделия. Кроме того, нормативный подход не отражает поведение веществ в изменяющихся физических условиях. Поэтому для оценки экологической безопасности конструкционных материалов следует разработать индексы по различным коэффициентам.

Разработку индексов нужно производить, опираясь на метод оценки жизненного цикла. Например, индекс экологической безопасности материала - K_u, представляющий собой характеристику экологической безопасности материала безотносительно к его применению в конкретном изделии. ИЭБМ является интегральной характеристикой материала и позволяет оценить не только потенциальную опасность уже готового материала, но и характеризует нагрузку на ОС на всех этапах получения материала.

ИЭБМ можно представить совокупным вкладом трех составляющих (стадий) и соответствующих им коэффициентов экологической безопасности (КЭБ) стадий жизненного цикла материала: добычи исходного сырья и его потенциальной экологической опасности ($K_{\text{сырье}}$); переработки сырья в материал ($K_{\text{сизг.мат}}$) собственно материала с точки зрения экологической безопасности и воздействия его на организм человека ($K_{\text{мат}}$).

Расчет ИЭБМ например для стали и других материалов представлял бы собою процесс подсчета коэффициентов, которые в свою очередь можно было бы сравнивать с коэффициентами других материалов, и делать вывод, какой из материалов лучше, качественней и безопаснее. Введение и применение данного критерия позволит сравнивать экологические свойства как родственных, так и разнородных материалов.

Пути получения солнечной энергии для применения в производственных целях

Николаев Е.Д.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Галкина Е.Е.
МАИ, каф. 503
evgeny.96@mail.ru

В современном мире скорость развития технологий постоянно увеличивается. Для поддержания темпа необходимо постоянно увеличивать производственные мощности, на которые необходимо тратить большое количество энергии и ресурсов. В связи с этим возникает проблема ограниченности ресурсов. Если решению этой проблемы не уделять должного внимания, то, в скором времени природные ресурсы исчерпаются, и мы останемся без энергии, и, как следствие, отправимся на несколько веков назад. Ещё одна, не менее важная проблема современности – это загрязнение окружающей среды, в том числе возникающее при производстве электроэнергии.

В связи с вышесказанным, человечеству необходимо как можно скорее переходить на альтернативные источники энергии. В таком случае, мы смогли бы получать не только энергию из возобновляемых ресурсов, но и снизить объём вредных выбросов. На текущий

момент, энергия, получаемая с возобновляемых источников, не превосходит 20% мирового производства. Большую часть составляет использование гидроэлектростанций и биомассы. Однако существуют еще и другие способы получения энергии, например, использование энергии приливов, энергии ветра и др. Представляет интерес пути использования солнечной энергии.

Солнечные электростанции. Принцип работы солнечных электростанций очень прост: множество отражающих элементов перенаправляют и фокусируют солнечную энергию на одном объекте. Далее образуется пар под высоким давлением, который вращает турбины, тем самым производя энергию. Главными недостатками таких систем являются: необходимость создания систем перенаправления света, которые занимают очень большую площадь, и зависимы от погодных условий и времени суток.

В солнечных батареях используются фотоэлементные ячейки для непосредственного преобразования света в электричество. Однако, у такого способа есть свои недостатки: зависимость от яркости освещения и относительно невысокая выработка энергии, необходимость больших площадей для эффективного производства электричества.

Космические энергосистемы. Так как до поверхности Земли доходит лишь небольшая часть солнечной радиации, то следующим этапом развития является отправление солнечных батарей в космос, чтобы получать максимальное количество энергии. Такие системы уже давно используются на многих спутниках и других космических объектах, созданных человеком. Осталось только научиться передавать энергию от подобных систем на планету. Одним из способов является создание на геостационарных орбитах спутников, оснащенных солнечными батареями, микроволновыми генераторами и параболическими передающими антеннами. Далее на Земле устанавливаются приёмное устройство, например, фазированная решетка из полупроводниковых твердотельных диодов. При частотах порядка 2 ГГц и плотности энергии 200-300 ватт/см^2 микроволновое излучение не взаимодействует с атмосферой, что позволяет беспрепятственно передавать энергию.

Использование солнечной энергии перечисленными выше способами позволит смягчить остроту проблемы ограниченности ресурсов и уменьшить загрязнение окружающей среды.

Анализ влияния экологических нормативов на конкурентоспособность продукции мировых производителей авиационной техники

Павлова М.В.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Метечко Л.Б.
МАИ каф. 503
manuneshka@mail.ru

Для современных авиапредприятий соблюдение экологических нормативов не только забота о сохранении окружающей среды, но и важнейший показатель конкурентоспособности авиационной техники.

Основным источником загрязнения при эксплуатации воздушных судов (ВС) является силовая установка. Именно силовая установка загрязняет природную среду эмиссией отработанных продуктов сгорания топлива и шумовым воздействием.

В предложенной работе проведено исследование деятельности ICAO и механизм утверждения экологических нормативов по шуму и эмиссии отработанных двигателем ВС газов.

Помимо этого подробно рассмотрен механизм регулярного ужесточения экологических нормативов, который, сточки зрения некоторых авиаконструкторов, служит не только обеспечению экологической безопасности при эксплуатации ВС, но и является механизмом монополизации рынка авиапроизводителей и недружественного выдавливания конкурентов.

Несмотря на проведенный анализ автором делается вывод о том, что ужесточение экологических нормативов в производстве авиатехники основным конкурентоспособным преимуществом, но и эффективным инструментом снижения экологических рисков.

Литература:

– Шишкин А.И., Жуков К.Г., Саяпин К.Я. Ужесточение норм на эмиссию вредных веществ и соответствие им авиационных двигателей гражданской авиации. Вычислительные средства систем управления качеством окружающей среды: Учебное пособие. – Л.: ЛТА, 1986.

– Алексеев В.В., Куракина Н.И., Желтов Е.В. Система моделирования распространения загрязняющих веществ и оценки экологической ситуации на базе ГИС // журнал «Информационные технологии моделирования и управления», №5(23), Воронеж, 2005.

– Метечко Л.Б. Экология для инженерно-экономических и технических вузов. Саарбрюкен, Германия, , Lap Lambert Academic Publishing., 2013, 520 с.

– Метечко Л.Б., Тихонов А.И., Сорокин А.Е., Новиков С.В. Влияние экологических нормативов на развитие авиационного двигателестроения// Труды МАИ. №85 Москва, 2016.: www.mai.ru/science/trudy/

Анализ концепций по снижения вредных выбросов камер сгораний ГТУ

Поспелов А.Р.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Ильинская О.И.
МАИ, каф. ТППДЛА
rafleo1994@mail.ru

Газотурбинные двигатели находят все более широкое распространение в качестве силовых установок в энергетике, нефтяной и газовой промышленности. Одной из основных проблем, решаемых при создании современных газотурбинных установок, является проблема снижения выбросов вредных веществ с выхлопными газами. Особое внимание стоит уделить тому факту, что при эксплуатации ГТУ преобладает высокие режимы работы, на которых возрастают выбросы оксида азота NO_x и снижаются выбросы оксида углерода CO.

Спектр оксида азота широк, однако, наибольший интерес вызывают окись азота NO и двуокись азота NO_2, как вещества наиболее токсичные и образующие в большом количестве при горении углеводородного топлива. Для эффективной борьбы с образованием NO_x, необходимо знать механизм его образования. В настоящие время можно выделить четыре механизма образования оксида азота при горении: термический, быстрый, N_2Oмеханизм, топливный.

В работе рассмотрено несколько концепций по снижению выброса оксида азота:

1) Модификация существующих камер сгорания, путем уменьшения средней температуры пламени, сокращение поверхностей горения со стехиометрическим составом ТВС и снижением времени пребывания горячих газов в камере сгорания.

2) LPP (Lean – premixed and prevapozised «бедная, перемешанная и испаренная»). Она основана на низкотемпературном сжигании, предварительно перемешанной бедной топливовоздушной смеси. Для успешной реализации концепции LPP необходимо организовать рабочий процесс с некоторыми требованиями.

3) LDI (Lean Direct Injection «горение с впрыском обедненной спеси непосредственно смешанной и испаренной смеси») схожа с LPP, но имеет отличие только в способе подачи топлива.

4) RQL (Rich – Quench – Lean, «богатая – гашение - бедная»). Эта концепция основана на низкотемпературном сжигании, богатой ТВС с подачей всего топлива в первую зону горения, с быстрым смешением с оставшимся воздухом и дожиганием бедной ТВС при низкой температуре, во второй зоне камеры сгорания. Успех реализации концепции RQL зависит от зоны смешения, от скорости перевода продуктов горения из «богатого» состояния в «бедное». Концепция RQL лишена недостатка LPP по требованию обеспечению устойчивости горения, но имеет собственные.

5) Каталитическое горение. Каталитические камеры сгорания основаны на подачи топлива в зону подготовки смеси, где оно испаряется и смешивается с воздухом. Затем подготовленная топливовоздушная смесь поступает в каталитическую решетку, которая может иметь несколько секций из различных катализаторов.

Технология RQL выигрывает у LPP благодаря снижению топлива с высоким содержанием азота. В связи с ростом цен, на дизельное топливо, в недалеком будущем топливом для ГТУ могут стать менее дорогие продукты нефтяной промышленности. Известно, что низкокачественное и особенно жидкое топливо, имеют более высокое содержание азота и меньшее содержание водорода. Для концепции LPP характерны проблемы виброгорения, проскока пламени сложности регулирования подачи топлива. Поэтому для снижения выбросов NO_x, даже на топливах мало содержащих N_2. Концепция RQL является перспективной и актуальной направлением. На основании концепции каталитического горения в настоящие время проводятся исследования каталитического сжигания топлива.

Основные аспекты охраны труда авиадиспетчера

Рамонова И.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Кабанов А.С.
МАИ, каф. 508
iramonova@list.ru

Сегодня авиаперевозки имеют огромный спрос, но для нас они стали чем-то обыденным. Однако мало кто из пассажиров задумывается, кто же все-таки руководит потоком воздушных судов в небе? Часто таких людей называют «Авиадиспетчерами», «Специалистами управления воздушным движением» или «Воздушными лоцманами», а сами они называют себя диспетчерами управления воздушным движением или просто диспетчерами.

Основной задачей авиадиспетчера является обслуживание расписания полетов, заявленных в нем рейсов, обеспечение безопасности, оптимизация работы пилота. Для успешного выполнения задач воздушный лоцман использует знания авиационных правил, летно-технических характеристик воздушных судов, воздушной навигации, авиационной метеорологии, английского языка и т.д.

Труд специалиста управления воздушным движением требует большой интеллектуальной нагрузки - этому сопутствует высокое умственное, зрительное, нервное и эмоциональное напряжение. Т.е. ежедневно он подвергается воздействию вредных производственных факторов, вызывающих такие профессиональные заболевания, как боли в шее, спине, неврозы, депрессии, заболевания органов зрения, слуха, артериальная гипертония. Поэтому в данной профессии присутствуют обязательные медицинские осмотры, ежедневный контроль состояния здоровья, надбавки за вредность, санаторно-курортное лечение, сокращенная рабочая неделя, дополнительный отпуск, снижение пенсионного возраста.

Для предотвращения влияния таких факторов существует ряд нормативно-правовых актов, охраняющих деятельность диспетчера. Одними из них являются санитарные правила СП 2.5.1.1107-02, которые устанавливают нормативы при организации рабочих мест и условий труда, режимов труда и отдыха.

Цель специальной оценки условий труда воздушного лоцмана – это сохранение его здоровья и обеспечение безопасности пассажиров воздушных судов. Безопасность обеспечивается отсутствием ошибок в управлении воздушным движением. Какая цена такого промаха? Цена невероятно велика – это десятки, а то и сотни человеческих жизней. Что же в работе специалиста управления воздушным движением влияет на сбои в такой высокоорганизованной системе как авиация?

К ряду возможных причин относятся: недопонимание между пилотом и авиадиспетчером из-за недостаточного владения английским языком (сейчас применяется квалификационное тестирование ELPET, соответствующее требованиям ICAO); сбой в работе оборудования; отсутствие нормативов, регламентирующих нагрузку по

обслуживанию воздушных судов в час; отсутствие эффективного взаимодействия между службами аэропорта.

Итак, работа авиадиспетчера очень интересна и интеллектуальна, но несмотря на это ее нельзя недооценивать, поскольку она является очень сложной. Вся тяжесть труда проявляется в ответственности за жизни людей, поэтому его охране необходимо уделять должное внимание, а именно: проводить мероприятия по специальной оценке, условий труда, выявлять расхождения с нормативами, своевременно вносить коррективы в соответствующие акты, создавать новые. Ведь сегодня мало рабочих мест, где трудовой процесс соответствует утвержденным нормам, а иногда и вовсе нуждается в таковых из-за их отсутствия. Все несоответствия оказывают влияние на здоровье работника и, как следствие, на производительность труда, качество выполняемой работы.

Изучение шумового воздействия на людей в районе аэропорта Внуково

Сапухина М.В.
Научный руководитель – профессор, д.б.н. Надежкина Е.В.
МАИ, каф. 202
sapuxina@inbox.ru

В последние сто лет человечество глобально усилило звуковое поле, например, на аэродромах или артиллеристских полигонах довело его до патогенетических, болевых значений с уровнем интенсивности 100-120 дБ.

В городах в районах крупных аэропортах звуковое поле значительно превышает по интенсивности биологический оптимум 20-55 дБ за счет постоянного шума и колебаний, издаваемых самолетами, автомобилями и т.д.

Звук с уровнем интенсивности 65-70 дБ оказывает на человека стрессорное действие с понижением слуховой чувствительности. Суммарное хроническое действие повышенного акустического фона свыше 70 дБ в течение всей жизни истощает нервную систему и сокращает длительность жизни.

В настоящее время установлено, что население пункты в радиусе 5-10 км под трассой пролета самолетов систематически подвергаются воздействию широкополосного шума. В этих условиях в жилых квартирах даже с закрытыми окнами уровень шума достигает 82-88 дБА.

На величину шумового режима в окрестности аэропортов оказывают высоты полета и время звучание максимальных уровней, которые определяются типом воздушного судна, режимом работы двигателей, скоростью и высотой полета. Самолеты при полетах на предельно малых высотах, а также при запусках двигателей создают шум 150 дБ.

Мной была изучена реакция населения на авиационный шум в районе аэропорта Внуково путем опроса жителей методом анкетирования. Исследования показали, что наибольшее количество жалоб более 59% предъявляют жители возрастной группы от 40 лет и старше. Особенно люди, проводящие большую часть времени дома – это пенсионеры и родители с их меленькими детьми. Наибольшее количество жалоб было у людей, чьи дома расположены вблизи трасс взлетов и посадок воздушных судов и площадок испытания двигателей. Особенно остро реагировали на шум люди с заболеваниями нервной и сердечно-сосудистой систем.

Таким образом, шум вблизи аэропортов (в радиусе 10 км) оказывает негативное влияние на население, поэтому необходимо разрабатывать комплекс мероприятий по его уменьшению.

Роль космической деятельности в решении проблем экологии и водопользования Земли

Семашко А.Г.
Научный руководитель – профессор, д.х.н. Фрог Б.Н.
РГГРУ
4689025@mail.ru

Проблема практического применения космических исследований в области экологии и водопользования Земли является важной, актуальной научно-практической проблемой современности. Забота об экологии и, в частности, таком её объекте, как чистая вода, является основным условием дальнейшего существования человечества. Проблемы экологии, водопользования, развитие промышленных производств и осуществление космических программ переплетаются в современных условиях самым тесным образом.

Важность контроля за экологией, расходованием воды, организацией деятельности промышленности и решения этих проблем с учётом космических исследований, подтверждается принятым руководством нашей страны документом: «Основы государственной политики в области использования результатов космической деятельности в интересах модернизации экономики Российской Федерации и развития ее регионов на период до 2030 года» (утв. Президентом РФ 14 января 2014 г. N Пр-51).

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), наблюдение за состоянием техногенных и природных экосистем из космоса, становится одной из наиболее успешно и динамично развивающихся инновационных отраслей в крупнейших странах мира, включая Россию. Актуальным направлением космических исследований является применение космических систем для обнаружения экологических катастроф и экологически конфликтных ситуаций. Это дает, возможность оценить общую площадь, занятую застойными паводковыми водами, масштабы разливов рек в половодье и, таким образом, определить вероятность и размер подтопления окружающих территорий; позволяет проводить мониторинг состояния водных объектов и влагонасыщенности почв и проч.

ДЗЗ в России осуществляют Министерство обороны, Российское космическое агентство, Федеральное агентство геодезии и картографии, Росгидромет.

Снимки дистанционного зондирования Земли поставляют и проводят их тематическую обработку методом системного анализа в Центре конверсионных технологий (ЦКТ); в Межотраслевой ассоциации «Совинформспутник»; Государственном научно-исследовательском и производственном центре «Природа»; в Научно-инженерном центре «Алмаз» НПО «Машиностроение»; в Научно-исследовательском центре изучения природных ресурсов НПО «Планета».

Разработка, модернизация и внедрение новых технологий водоочистки, в основу которых положены оригинальные российские технологии, существенно превосходящие зарубежные аналоги по соотношению цена-качество – это одно из направлений деятельности Государственного научного центра – федерального государственного унитарного предприятия «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша». Специалистами Центра введены в строй несколько крупных объектов водоснабжения: завод по опреснению морской воды мембранными методами близь г. Актау; ряд объектов по очистке и опреснению воды в Узбекистане и РФ

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о том, что использование авиационно-космической техники и технологий предоставляет существенные возможности для улучшения экологии Земли, борьбы с экологическими катастрофами, улучшения качества питьевой воды и систем водоочистки, а также нуждается в дальнейшем изучении, развитии и внедрении в различные отрасли промышленности.

Анализ и оценка роли авиационных средств дистанционного зондирования в экологическом мониторинге

Сибгатулин Р.Ж.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Голованова Т.В.
МАИ, каф. 503
Sibgatulinrustam@gmail.com

Охрана окружающей среды и рациональное использование ее ресурсов в условиях бурного роста промышленного производства стала одной из актуальнейших проблем современности: Результаты воздействия человека на природу необходимо рассматривать не только в свете развития технического прогресса и роста населения; но и в зависимости от социальных условий; в которых они проявляются:

Регулярные; выполняемые по заданной программе;, наблюдения природных сред, природных ресурсов; растительного и животного мира, позволяющие выделить их состояния и происходящие в них процессы под влиянием антропогенной деятельности называют Мониторингом окружающей среды. Экологическим мониторингом следует понимать организованный мониторинг окружающей среды, при котором; во-первых, обеспечивается постоянная оценка экологических условий среды обитания человека и биологических объектов: А также оценка состояния и функциональной ценности экосистемы; во-вторых, создаются условия для определения корректирующих действий в тех случаях; когда целевые показатели экологических условий не достигаются:

Для решения задач промышленно-экологического мониторинга (ПЭМ) наибольшее распространение получили следующие методы: методы мониторинга средствами активного зондирования; к которым относятся лидары, работающие по методу комбинационного рассеяния; на резонансных эффектах и по принципу дифференциального поглощения: Наиболее пригодными для дистанционного контроля нефтяных загрязнений являются системы активного ИК- и УФ-зондирования; а также флуоресцентный лазер, позволяющий определять наличие нефти на поверхности: воды, почвы, снега, льда. Примером типичного лазерного флуориметра может служить лидар МК-III КЦДЗ. Лидар предназначен для обнаружения; идентификации; картирования; слежения за перемещением нефтяных пленок на поверхности воды. Следует отметить; что с помощью лидаров; в принципе; возможно; определять концентрации загрязняющих веществ: Так, например; перестраиваемый лидар в ИК-диапазоне (от 2,7 до 3,7 мкм), используемый на вертолете МИ-8Т в составе комплекса «Эфир-АК», позволяет измерять концентрации углеводородных газов, а также сероводород и другие газы с пределом обнаружения до 2 ppm.

Человек всегда использовал окружающую среду как источник ресурсов; однако до последнего времени его деятельность не оказывала заметного влияния на биосферу: Лишь в XX веке изменения природы под влиянием хозяйственной деятельности человечества обратили на себя внимание ученых. Мониторинг за окружающей средой становится нормой жизни.

Аэропорт, как источник загрязнения окружающей среды

Смирнова Н.С.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.
МАИ, каф. 508
natalyofficial@mail.ru

С наступлением XXI века проблемы изменения климата на нашей планете стали видны невооруженным глазом – это повышение уровня Мирового океана из-за таяния

ледников, снегопады в Африке, небывалые ураганы в европейской части России, участившиеся наводнения в Европе и многое другое. Основную вину за климатические изменения большинство ученых возлагают на наносящую непоправимый ущерб окружающей среде техногенную деятельность человечества.

В связи с этим представляется актуальным рассмотреть вклад отдельных техногенных объектов, существенно влияющих на ухудшение экологической обстановки, одним из которых является такой транспортный узел, как аэропорт.

В настоящей работе мною классифицированы и проанализированы основные факторы негативного влияния на окружающую среду со стороны аэропортов, такие как токсичные продукты сгорания топлива, само топливо и технические жидкости, шум, электромагнитное излучение; рассмотрены меры по снижению их воздействия.

Наряду с основными неблагоприятными факторами отдельно уделено внимание таким дополнительным факторам, отрицательно сказывающимся на экологии, как автотранспортная инфраструктура аэропорта с редко анализируемым аспектом ее оптимизации, и никем ранее не освещавшаяся проблема утилизации бытового мусора от инфраструктурных пунктов питания аэропорта.

Обобщая имеющийся опыт, в работе предложены основные направления по снижению отрицательного воздействия на природную среду типовым аэропортом, который является мощным многофакторным объектом загрязнения.

Таким образом, подводя итог проведенному исследованию необходимо отметить, что несомненное увеличение авиаперевозок в XXI веке требует и адекватной природоохранной деятельности по снижению уровня негативного воздействия на окружающую среду со стороны интенсивно развивающихся аэропортов, что является одной из важнейших экологических составляющих общей системной деятельности по оздоровлению окружающей среды.

Литература:

1. Метечко Л.Б., Экология для инженерно-экономических и технических вузов, Саарбрюкен, Германия, Lap Lambert Academic Publishing, 2013

2. Метечко Л.Б., Тихонов А.И., Сорокин А.Е., Новиков С.В. 2016. Влияние экологических нормативов на развитие авиационного двигателестроения// Труды МАИ. №85 Москва, 2016.: www.mai.ru/science/trudy/

3. Солдатов С.К., Человек и авиационный шум, Безопасность жизнедеятельности, 2012

Анализ методики получения топлива из отходов пластмассы

Судуков А.Э., Ларина К.А.
Научный руководитель – доцент, к.б.н. Мессинева Е.М.
МАИ, каф. ПЭиБП
anton.sudukov@mail.ru

Крупные города, потребляющие всевозможные виды сырья и значительные запасы энергии, образуют большое количество промышленных и коммунальных отходов. К числу вторых относятся остатки пищи, использованная упаковка и тара, изношенная обувь и одежда. В отношении деятельности промышленных предприятий в Российской Федерации приняты нормативные акты, ограничивающие образование и размещение отходов. В данном случае речь идет об остатках материалов и сырья, которые полностью или частично утратили свои потребительские свойства. Но если промышленные отходы в Российской Федерации в значительной степени подлежат вторичной утилизации, то проблема коммунальных отходов особенно актуальна, поскольку до сих пор нет единой системы раздельного сбора мусора.

Так, по данным Гринпис России мусорные свалки в стране уже занимают огромное пространство, более 40 тыс. км^2, что равно площади Швейцарии. Из Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году» следует, что общая величина накопленных и учтенных отходов производства и

потребления в целом по стране составляла на конец 2015 г. примерно 31,5 млрд т, из них 282,3 млн т — это твердые бытовые отходы (ТБО), в том числе пластмассы.

Утилизировать пластмассу путем естественного разложения практически невозможно — пластик разлагается более 200 лет. Но существует метод получения бензина и дизельного топлива из отходов пластмассовых изделий и материалов. В некоторых странах, таких как Япония, США, Россия, было зарегистрировано несколько патентов на изобретенные мини установки по переработке бутылок и прочих пластиковых отходов.

В этих установках, достаточно требовательных к первоначальному сырью, углеродосодержащие вещества разрушаются под воздействием высокой температуры. В результате термообработки удается для некоторых полимеров получить исходные мономеры. Такой процесс называется пиролизом или термической деструкцией. Скорость подъема температуры во внутренней камере установки составляет 2-3 градуса в минуту, а максимальные температуры могут достигать 500˚С. Начало процесса разложения сопровождается резким увеличением давления в камере, после чего основной нагрев заканчивается и система переходит в рабочий режим.

При помощи вакуумной установки реактор синтеза водорода и углерода в зависимости от используемого катализатора позволяет получить бензин любой марки, дизельное топливо, мазут.

Положительные стороны данного метода получения топлива из пластиковых отходов — это дешевизна и доступность "энергетических ресурсов". Эта технология позволяет получать из 100 кг пластмассовых отходов до 50 литров бензина или дизельного топлива.

Известно, что американская компания Envion уже выпустила готовую установку, позволяющую получать синтетическую нефть из пластиковых отходов, и ввела ее в эксплуатацию в сентябре 2009 года.

Данный метод, безусловно, нужно развивать и пытаться внедрять в России, таким образом можно приобрести не только экономическую выгоду, но и снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду.

Оценка экологических характеристик цементного производства

Татарникова В.В., Ларина К.А.
Научный руководитель – доцент, к.б.н. Мессинева Е.М.
МАИ, каф. ПЭиБП

Строительство является одной из наиболее развитых отраслей в современном мире. При сооружении зданий и сооружений особое значение имеет самый начальный этап – выбор строительного материала, который должен определяться не только техническими и экономическими показателями, но и экологическими характеристиками, определяющими степень воздействия данного материала на окружающую среду. Среди всего разнообразия строительных материалов наибольшую распространенность приобрел бетон, и, как его составляющий компонент – цемент. В цементном производстве есть два основных направления его экологизации: использование вторичного сырья в качестве добавок и снижение энергоемкости производства за счет внедрения альтернативных источников энергии.

Известно, что этот материал получается в результате помола клинкера с добавками. В качестве добавок можно применять некоторые виды отходов промышленного производства, таких как шлак сталелитейной промышленности или летучая зола угольных электростанций. Эти отходы обладают вяжущими гидравлическими свойствами и могут даже модифицировать свойства бетона. Добавление шлака снижает скорость схватывания бетона, а добавление летучей золы повышает его механическую прочность.

Входящие в состав цемента компоненты можно разделить на три группы:

1. жидкие, вязкопластичные и твердые углеводородные отходы: нефтепродукты, отработанные масла, нефтешламы;

2. сыпучие и волокнистые вещества: картон, измельченная бумага, древесные отходы, отходы полимерных материалов и др.;

3. продукты переработки товаров бытовой химии, химнеликвидов, и др.

Существенной проблемой любого цементного производства является его значительная энергоемкость. Для ее снижения может оказаться целесообразным частично поменять ископаемое топливо на вторичные или альтернативные топливные ресурсы. Технологический процесс позволяет применять в качестве топлива различные вторичные энергетические ресурсы, такие как шины, шламы, отработанные масла, нефтяные отходы, бумагу, древесину, картон, резину, растворители, пластики, а так же сортированные муниципальные отходы.

Применение альтернативного топлива имеет многочисленные преимущества с точки зрения бережного отношения к окружающей среде. Топливо, содержащее биомассу, можно считать относительно нейтральным по выбросу CO_2. Таким образом, используя промышленные отходы в качестве источника энергии при производстве цемента, можно снизить объем применяемого ископаемого топлива, так как теоретически замещать отходами промышленного производства можно до 100% ископаемого топлива, используемого в цементном производстве.

Технологически оптимальным вариантом переработки отходов в процессе цементного производства являются клинкерные печи. В них не образуются побочные отходы (золы), и на выходе остается только продукт – клинкер. За счет высоких температур в печи происходит эффективное горение, а также существенно снижаются объемы выбросов продуктов горения в атмосферу, ведь 99,99% органических веществ в клинкерной печи разрушаются полностью.

Таким образом, с помощью промышленных отходов можно снизить объем сырья и ископаемого топлива применяемого в производстве, а также замещать дорогостоящие ресурсы отходами до 100%.

Пути снижения загрязнения атмосферы автомобильным транспортом

Ударцев А.Ю.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Галкина Е.Е.
МАИ, каф. 311
sasha_udarcev@mail.ru

Одной из серьезных проблем больших городов является высокий уровень загрязнения атмосферы. Это ведет к росту заболеваемости населения. В 2014 г. ВОЗ опубликовала отчет, в соответствии с которым в 2012 году около 7 млн. человек умерли от загрязнения воздуха (80% смертей от ишемической болезни сердца и инсульта). Во многих городах большой «вклад» в загрязнение атмосферы вносит автомобильный транспорт (17% всех парниковых газов)

Известно, что автомобили расходуют наименьшее количество топлива на трассах. Это связано с тем, что скорость движения постоянна, а в таких условиях автоматика автомобиля оптимально выбирает необходимую передачу, и двигатель работает в наилучших условиях. При подъезде к перекрестку в результате торможения уменьшаются вредные выбросы, так как инжекторы начинают подавать минимум топлива, лишь для поддержания холостого хода. При этом двигатель работает на минимальных оборотах. Однако, на этапе разгона двигатель работает на повышенных оборотах, значительно увеличивается затраты топлива и, соответственно, выбросы вредных веществ в атмосферу.

В Европе для борьбы с загрязнением, производимым автотранспортом, введены стандарты, ограничивающие выбросы. За последние 40 лет европейские нормы по выбросам оксида углерода снижены в 20 раз, по оксидам азота и углеводородам – в 17 раз. Первые нормы были введены в 1968-1970 гг. (EURO 1), далее – в 1996 г был введен EURO2, в 2000 г – EURO 3 и в 2005 г – EURO4. С момента их введения по сегодняшний день удалось повысить топливную экономичность двигателей на 25-40%.

В России требования Евро-4 введены с 2013 г. По мнению экологов, это позволит снизить содержание в воздухе диоксида серы в 4 раза, а твердых веществ на 9%. Только в Москве, потребляющей около 20% топлива, производимого в России, выбросы автотранспорта предполагается уменьшить на 70%.

Кроме того, анализируя опыт разных стран, для уменьшения загрязнения атмосферы городов можно применять следующие подходы:

1. повышение качества топлива (на топливо также распространяются стандарты EURO)
2. применение специальных присадок к бензину
3. оборудование автомобилей катализаторами и специальными фильтрами
4. разноуровневые разъезды (чтобы автомобили не притормаживали на перекрестках)
5. перевод автомобилей на газ и другие альтернативные виды топлива
6. мониторинг загрязнения воздуха вдоль проезжих частей и перенаправление транспортных потоков при фиксировании высоких уровней загрязнения атмосферы
7. запрет на въезд в определенные районы города

Большинство автопроизводителей, продающих свою продукцию в России, уже обновили техническое оснащение заводов для соответствия стандарту EURO, в связи с чем новые автомобили значительно уменьшили выбросы. Однако, очень большой парк старых автомобилей производят наибольшее загрязнение атмосферы. Введение материального поощрения для автовладельцев за переоборудование автомобилей или платы за выбросы позволит решить задачу снижения выбросов более эффективно. Также стимулирующим фактором являются популярные программы Trade-In (обмен старого авто на скидку для покупки нового).

Обеспечение безопасности полетов авиации путем совершенствования метеорологических прогнозов

Фадеев М.А.
Научный руководитель – доцент, к.г.н. Закусилов В.П.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. ГО
veter2606@yandex.ru

Метеорологическое обслуживание авиации направлено на обеспечение безопасности, регулярности и эффективности полетов. При этом велика роль прогноза ожидаемых метеорологических условий на различных этапах полета, степени их сложности. Полеты могут проводиться в простых и сложных метеорологических условиях. Сложные метеорологические условия (СМУ) существенно ограничивают, а порой делают невозможным выполнение полетных заданий. Характеристикой степени сложности являются данные о количестве, высоте нижней границы облаков и дальности видимости. С практической точки зрения важным является разработка прогноза продолжительности СМУ в течение летной смены.

Цель работы – по средствам корреляционного анализа выявить набор метеорологических величин, влияющих на формирование СМУ при различных формах атмосферной циркуляции над районами Восточной Европы.

В работе исследуются случаи со СМУ, характеризующиеся высотой нижней границы облачности 100 м и менее (при количестве баллов 7 и более) и горизонтальной видимостью 1000 м и менее, наблюдаемые в светлое время суток, в холодный период года (месяцах ноябрь, декабрь, январь) на 20 аэродромах европейской территории России и сопредельных государств.

В качестве потенциальных предикторов рассмотрены данные по температуре и дефициту точки росы у поверхности земли, атмосферному давлению на уровне моря. Для определения характера атмосферной циркуляции использовались среднесуточные значения абсолютного геопотенциала на уровне 500 гПа в узлах регулярной сетки точек.

Результаты корреляционного анализа позволили сделать следующие выводы:

1. Зависимость продолжительности СМУ над районом Восточной Европы от значений метеорологических величин приземного слоя атмосферы, как в синхронные, так и в асинхронные сроки (заблаговременность до трех суток) существует, однако на разных временных сдвигах и при различных формах циркуляции атмосферы она различна.

2. Лучшим временным сдвигом является 72 часа, когда при зональном типе циркуляции значимая связь прослеживается с 6 станциями, при западной форме меридионального типа – с 10 станциями, при центральной форме – с 7 станциями, при восточной форме – с 13 станциями и при смешанной форме – с 6 станциями.

3. В зависимости от временных сдвигов, связь распространяется на большую часть территории при восточной форме меридионального типа циркуляции (от 30% до 65% исследуемой территории), при западной форме (от 35% до 55% территории), при центральной и смешанной формах циркуляции примерно одинаково (от 25% до 35% территории) и хуже всего для зонального типа (от 20% до 30% территории).

4. Из рассматриваемых предикторов большее влияние на продолжительность сложных условий оказывает адвективное изменение температуры. Оно прослеживается практически на всех временных сдвигах (на сдвиге 24 часа такое влияние проявляется в 12 случаях, на сдвиге 48 часов – в 22 случаях, на сдвиге 72 часа – в 25 случаях).

Полученные в работе результаты могут быть использованы для дальнейших исследований по выбору предикторов для прогноза продолжительности СМУ над районами Восточной Европы при различных формах циркуляции атмосферы.

Применение стандартов безопасности труда на авиастроительном предприятии

Ханецкий А.С.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Сорокин А.Е.
МАИ, каф. 503
tolan_han@mail.ru

Предприятия авиационной промышленности требуют высокой точности и качества выполняемых работ. При проведении специальной оценки условий труда, согласно Федеральному закону от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», по методике, утвержденной приказом Минтруда России от 24.01.2014 № 33н, устанавливается 3-4 класс условий труда. Охрана труда в этой сфере является одним из важнейших аспектов ее развития и роста.

В области охраны труда авиастроительным предприятием должны выполнятся следующие основные положения: контроль за соблюдением требований охраны труда и промышленной безопасности всеми сотрудниками; предотвращение негативного воздействия производственных факторов на персонал; привлечение сотрудников к активному участию в деятельности по охране труда и промышленной безопасности; создание условий, при которых каждый сотрудник осознает свою ответственность за безопасность всего персонала, включая себя; требование соблюдения стандартов и норм в области охраны труда и промышленной безопасности от сотрудников фирм поставщиков и подрядчиков, осуществляющих деятельность на предприятии; проведения инструктажа и постоянное повышение компетентности сотрудников в области охраны труда.

Для эффективного выполнения перечисленных положений необходимо создать единую систему управления безопасности труда на предприятии. Сделать это поможет международный стандарт OHSAS 18001:2007 или, являющегося идентичным ему, национальный стандарт ГОСТ Р 54934-2012.

Серия стандартов OHSAS состоит из следующих документов:

- OHSAS 18001:2007 Системы менеджмента в области профессиональной безопасности и охраны труда – Требования;
- OHSAS 18002:2008 Системы менеджмента в области охраны труда и техники безопасности. Руководящие указания по применению OHSAS 18001:2007;

- BS 18004:2008 Руководство для достижения эффективности системы менеджмента профессионального здоровья и безопасности;
- PAS 1010:2011 Руководство по менеджменту психологических рисков на рабочем мест.

Так как на законодательном уровне требования в области охраны труда различаются во многих странах мира, то это должно учитываться при разработке системы менеджмента промышленной безопасности и охраны труда(СМПБиОТ), и требования стандарта не должны им противоречить. Для того чтобы предприятие четко понимало возможные риски в области безопасности труда при разработке, внедрении и совершенствовании СМПБиОТ, в стандарте приведен подход к управлению рисками, помогающий определить ущерб и определить вероятность наступления неблагоприятного события.

Результатом применения стандартов данной серии на авиастроительном предприятии является:

- снижение количества аварий, несчастных случаев и инцидентов на авиастроительном производстве;
- уменьшение издержек на поддержание безопасности условий труда авиационной промышленности, выплаты компенсаций и пособий;
- повышение психологического климата среди сотрудников, положительным образом сказывающееся на качестве всех работ авиастроительного предприятия.

Проектирование комбинированного устройства очистки сточных вод для создания систем оборотного водоснабжения

Чорная С.И.[1]
Научный руководитель – профессор, к.т.н., засл.изобретатель РТ Мингазетдинов И.Х.[2]
[1]МБОУ Лицей №145; [2]КНИТУ-КАИ, каф. ОХиЭ
sonyachornaya@icloud.com

В современном мире особенно остро встала проблема экологии нашей планеты. Образование большого количества отходов и является основной проблемой всех промышленных предприятий. А загрязнение гидросферы сточными водами с промышленных предприятий является одной из важнейших экологических проблем. Путей решения экологических проблем, а именно проблем, связанных с организацией замкнутых оборотных систем водоснабжения может быть несколько: снижение водопотребления, организация малоотходных и безотходных технических процессов, совершенствование методов очистки сточных вод.

Большинство существующих на сегодняшний день устройств для очистки сточных вод имеют большие габариты, несут большие затраты энергии и в обслуживании, а также полноценно не очищают.

Предлагаемое решение – центробежно сорбционный сепаратор (Патент на полезную модель РФ № 2015119690/05, 25.05.2015. Мингазетдинов И.Х., Бурова И.Д., Смирнова С.В., Чорная С.И. Центробежно-сорбционный сепаратор // Патент России № 158792. 2016. Бюл. №2). Устройство работает следующим образом. Исходная сточная вода, загрязненная взвешенными и растворенными загрязнителями, через патрубок подвода очищаемой воды поступает в спиральный корпус. По мере движения, за счет возникающей в нем центробежной силы, взвешенные частицы отбрасываются к внешней стенке спирали и, по мере накопления, дойдя до отражателей, отводятся через прорези. В связи с тем, что радиус закрутки потока по мере продвижения по спиральному каналу уменьшается, то центробежная сила возрастает, и к стенке канала отбрасываются средние и мелкие частицы, которые удаляются через прорези, расположенные на нижних витках спирального корпуса. Очищенная от взвешенных частиц жидкость через патрубок попадает в козырек и начинает проливаться через насыпной слой сорбента (или ионита). Сорбент (или ионит) за счет физических или химических процессов извлекает из воды растворенные загрязняющие вещества, и очищенная вода через воронку и патрубок поступает потребителю. По мере прохождения воды через слой сорбента (или ионита) тот

насыщается загрязняющим веществом и теряет сорбционные свойства. Для регенерации сорбент перемещается вместе с подвижной камерой специальным приводом (не показан) в зону патрубка, где обрабатывается регенерирующим составом. После регенерации слой сорбента вновь перемещается вместе с камерой в зону подачи жидкости из патрубка. Процесс очистки и регенерации можно осуществлять непрерывно, подбирая скорость перемещения камеры. Также, в зависимости от вида и концентрации взвешенных веществ, производят регулирование расположения прорезей по длине спирального канала.

Таким образом, предлагаемое устройство повышает эффективность очистки промышленных сточных вод, расширяет диапазон использования, снижает экономические затраты на очистку. Наш аппарат – центробежно-сорбционный сепаратор может быть использован в авиационной, машиностроительной, приборостроительной и энергетической отраслях промышленности.

Секция «Экономика инноваций»

Развитие авиационных хабов за счет неавиационной деятельности на примере аэропорта «Южный» («Платов»)

Андреева О.Ю.
Научный руководитель – доц., к.э.н. Рубан Н.В.
МАИ, каф.505
olga_andy@mail.ru

На сегодняшний день одной из значимых задач в системе российских авиаперевозок является развитие авиационных хабов, поскольку для России характерно замыкание маршрутов на аэропорты Московского авиаузла. В сложившейся ситуации теряется значительная часть потенциальных пассажиров. Процесс создания авиахабов требует достаточного длительного времени и сопровождается большими организационными и финансовыми трудностями. Поэтому особую актуальность принимает задача формирования маркетинговой стратегии аэропорта и ее роль в развитии аэропорта-хаба.

К целям управления маркетинга аэропорта можно отнести стабилизацию и развитие. Главная цель развития и жизни аэропорта заключается в качественном удовлетворении потребностей пассажиров.

Развитию аэропорта «Южный» и привлечению инвесторов в значительной степени может помочь неавиационная деятельность.

Во-первых, она способствует увеличению прибыли аэропорта, во-вторых, развитая коммерческая инфраструктура повышает качество аэропорта и уровень удовлетворенности пассажиров.

Аэропорт «Южный» начинает свою работу перед началом ЧМ-2018. Если правильно воспользоваться данным событием, то оно сможет принести строящемуся аэропорту положительные моменты – упрощение процедуры привлечения СМИ: заключение бартерных договоров с различными телеканалами, изданиями. В наше время публикации в известных изданиях, а тем более на телевидении стоят достаточно больших средств, а данное мероприятие будут освещать самые известные телеканалы не только России, но и мира. Аэропорт может предоставить помещение, организовать пресс-студию какого-либо телеканала на территории аэропорта под съемки интервью футболистов, политиков и других публичных людей в обмен на упоминание о себе в тексте интервью. Это позволит распространить имя аэропорта по всему миру.

Наши ведущие авиакомпании будут также не против пропиарить себя. Возможно сделать предложение авиакомпаниям (например, Аэрофлоту, S7, Россия, Уральские авиалинии и др.) о их выступлении в качестве спонсора или участника съемок и других мероприятий проводимых в аэропорте, размещение баннеров с логотипами компаний в самом здании, в печатной продукции аэропорта и т.д. также на бартерных условиях. В ответных условиях прописано какие-либо сотрудничество в будущем.

Аэропорт «Южный» может на своей территории создавать мероприятия, посвященные футболу. Например, проводить мини-чемпионаты по футболу для детей и взрослых, приехавших на матч, тем самым привлекая общественность и создавая себе положительную репутацию.

С самого начала формировать позитивный имидж аэропорта гораздо выгоднее и проще, чем долго и трудоемко исправлять сложившийся негативный образ. Правильная PR-кампания аэропорта привлекает внимание средств массовой информации, что благотворно скажется на репутации аэропорта, так как об имени и мероприятиях узнают не только пассажиры, но и другие потенциальные потребители.

PR-кампания дает аэропорту: привлечение новых пассажиров и работников, укрепление позиции на рынке, что немаловажно для аэропорта. Улучшение внутрифирменных отношений.

PBL: мировая практика и оценка возможности введения PBC в российскую практику экономических взаимоотношений

Большаков С.И., Сое Тху
Научный руководитель – профессор, к.э.н. Лазников Н.М.
МАИ, каф. 505
Emans199612@gmail.com

Целью данной работы является выявление природы контрактов жизненного цикла(PBC) и практика применения принципов логистики, основанной на производительности(PBL), а именно применение подобного рода контрактов в гражданской сфере на территории РФ и стран СНГ, оценка экономической привлекательности PBL и его влияние на весь гражданский сектор экономики.

Первый этап исследования включает в себя выявление отличий контрактов жизненного цикла от общепринятой транзакционной модели договорных взаимоотношений и выявление основных плюсов предлагаемой альтернативы, отталкиваясь от снижения рисков, связанных с простоем требующих ремонта объектов и как плановой, так и внеплановой поставки комплектующих. Для большей объективности за основу были приняты условия зарубежных PBC (армии США) и их доводы и доказательства преимущества подобного рода контрактных взаимоотношений. Более того модель, используемая оборонными ведомствами США является применимой как для военной, так и гражданской сферы, что подтверждает сводная таблица категорий услуг и форм оплаты представленной в данной работе.

Задачей второго этапа работы являлось произвести оценку конечного результата, полученного от экономических взаимоотношений внутри контракта жизненного цикла, а также определить методологию реализации контрактов на территории РФ по образу и подобию практики PBC зарубежных стран. Немаловажный вопрос поднятый в ходе выполнения работы является правовая составляющая осуществления PBC в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации. Во время выполнения работы были определены следующие задачи:

1. Выделить основные плюсы PBC относительно других видов контрактных взаимоотношений
2. Выявить основные наиболее приемлемые и работоспособные с способы предоставления услуг и их оплаты
3. Определить методы оценки конечного результата
4. Построить алгоритм реализации контракта жизненного цикла
5. Соотнести практику применения контрактов жизненного цикла за рубежом с действующим российским законодательством и определить основной перечень нормативных документов, который смог бы регулировать подобного рода взаимоотношения.

Результат работы предполагает определение перспектив развития и применения PBL внутри экономической среды Российской Федерации.

Самовосстанавливающиеся материалы и их применение в аэрокосмической отрасли

Бондарь А.В.
Научный руководитель – профессор,д.т.н., Садковская Н.Е.
МАИ, каф. УИ
andbondar101@mail.ru

Создание аэрокосмической техники – это сложный и наукоемкий процесс. И помимо сложности самого процесса создания и проектирования летательных аппаратов, в ней задействованы уникальные наукоемкие технологии и материалы. Они как и определяют всю инженерную мысль авиастроения, так и ограничивают ее в рамках достигнутого уровня этих технологий и материалов.

Мировая практика показала, что финансирование инновационных исследований в конечном итоге окупает себя. И одно из таких инновационных направлений применимых не только в авиакосмической отрасли, но и практически во всех остальных отраслях – это самовосстанавливающиеся материалы.

Самовосстанавливающиеся материалы — это материалы, способные частично или полностью восстанавливать причиненные им повреждения, например, образовавшиеся трещины. В природе одним из самых выдающихся свойств биологических материалов является способность к самовосстановлению и регенерации своих функций после получения внешних механических повреждений.

Самовосстанавливающиеся материалы могут быть разделены на автономные и неавтономные. Для неавтономных самовосстанавливающихся материалов требуются внешнее инициирование, например, высокая температура или свет. В случае же автономного самовосстановления материалы не требуют никакого дополнительного внешнего импульса, само повреждение и является импульсом к восстановлению.

Самовосстанавливающиеся материалы позволят перейти на качественно высокий уровень авиастроения. Такой материал позволит сократить затраты на ремонт и обслуживание техники.

Но пока что самое перспективное на сегодняшний день направление в области применения таких материалов – это применение их в качестве одного из компонентов композита или создание обшивки с применением систем «подачи» материала к поврежденным местам. Фюзеляжи, детали и корпуса, созданные с применением самовосстанавливающихся материалов и технологий, повысят боевую живучесть самолетов и срок их эксплуатации, что, несомненно, станет решающим фактором в сторону выбора таких моделей покупателями. А применение в космических станциях и ракетах в конечном итоге окупит себя. Так же такой материал очень перспективно применять в космических многоразовых ракетах. Например, ракеты Falcon 9. Или их аналогах.

Примером могут послужить разработки ученых из Иллинойского технологического университета под руководством профессора Скотта Уайта (англ. *Scott R. White*), которые смогли создать пластиковые материалы со способностью самовосстановления. Специалисты внедрили в материал так называемые васкулярные материалы — тончайшие нити, способные подавать в места разломов и трещин необходимые для заполнения пространства химикалии.

Данное направление развития техники и технологий отмечено, как перспективное в прогнозе научно-технологического развития России 2030. Поэтому любые разработки самовосстанавливающих материалов являются весьма перспективной нишей, на которую стоит обратить внимание. В частности, нужна разработка таких материалов, которые, помимо механических свойств, восстанавливали бы и другие свойства (проводимость и т.д.) после повреждения, а также не решена сложная задача в отношении разработок самовосстанавливающихся наноструктур.

Перспективы внедрения RFID-технологий в систему послепродажного обслуживания ГА РФ

Бублик Д.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н., Опрышко Н.В.
МАИ, каф. 505
bd96@mail.ru

В сфере гражданской авиации наблюдается ужесточение конкурентной борьбы между авиагигантами Airbus и Boeing, а также претендующими на третье место в мире Bombardier, Embraier и Comac. Острая конкуренция побуждает главных игроков заниматься разработками, ориентированными на повышение конкурентоспособности самолета (изготовление основных композитных конструкций ВС, производство наноматериалов и нанодатчиков, передающих информацию о полученных повреждениях; разработку технологий управления обтеканием элементов АТ и т.п.). Помимо внедрения НИОКР в производство самолетов, авиапроизодители обозначили в качестве тенденции развития продажу функционально полного комплекса мероприятий для осуществления послепродажного обслуживания (далее – ППО) в сфере авиационных перевозок, поэтому для конкурентоспособности таких перспективных российских ВС как SSJ-100 и МС-21 необходимо обеспечить высокий уровень готовности при минимуме эксплуатационных издержек. В качестве направления совершенствования системы ППО ГА РФ предлагается к рассмотрению внедрение RFID-технологий.

Технологии, основанные на радиочастотном излучении, постепенно заполоняют жизнь современного человека. Объясняется это распространение преимуществами RFID-технологий над QR- и штрих-кодом: считывание информации на разном расстоянии, вне зависимости от расположения RFID-метки; поддержка одновременного чтения нескольких RFID-меток; хранение информации различного объема; записанная информация при необходимости может быть откорректирована, удалена и занесена снова; некоторые метки имеют пароли, коды, уникальное неизменяемое число-идентификатор, что гарантирует высокую степень защиты метки от подделки; скрытое размещение метки; работоспособность в различных условиях окружающей среды.

Данные преимущества обратили на себя внимание крупных авиапроизводителей. Boeing начал маркировать транспондерами авиационное салонное оборудование и основные узлы Boeing-787, а Airbus начал RFID-чипирование агрегатов A350 XWB. Компании отметили в RFID-технологиях перспективу осуществления мониторинга истории того или иного узла, элемента, агрегата самолета от момента производства до момента утилизации в режиме реального времени, осуществляемого с высокой точностью. Вследствие этого появляется возможность сократить время на идентификацию и документальную проверку не только комплектующих изделий, но и каждого этапа процесса, что позволяет существенно сократить объем бумажного оборота и степень влияния человеческого фактора на процесс производства и ППО.

Как и большинство нововведений RFID-технологии имеют недостатки, выраженные высокой стоимостью, сложностью изготовления, подверженностью помехам в виде электромагнитных полей, а также отсутствием единых требований и стандартов. Но с течением времени недостатки будут устранены: Airbus и Boeing объединились для разработки единых требований к маркировке RFID для поставщиков основных элементов; запуск серийного производства транспондеров и RFID-считывателей снизит себестоимость данного вида технологий.

На основании информации о RFID-технологиях и имеющегося опыта работы с ними у авиагигантов в качестве направления совершенствования ППО ГА РФ предлагается рассмотрению внедрение данных технологий, которые позволят сократить затраты и сроки при управлении запасами, что приведет к обеспечению высокого уровня готовности ВС для повышения его конкурентоспособности.

Анализ рисков инвестиционных проектов в сфере высоких технологий.

Гришанович Д.В., Гришанович И.А., Потапов Д.В.
Научный руководитель – ст. преподаватель Прохорова Е.П.
МАИ, каф.509
grishanovichd95@gmail.ru , Efirina5@yandex.ru, 1restartnow@mail.ru

Высокие технологии играют важную роль в современном мире. К высоким технологиям относятся самые инновационные отрасли, такие как космическая, авиационная, а также, информационные технологии и телекоммуникации, робототехника и т.д.

Инвестиционные проекты имеют большое значение в развитии высоких технологий. Существуют множество рисков при осуществлении таких проектов, вот почему их оценка - это очень актуальная задача.

В основе большинства оценок инвестиционных проектов лежит принцип сопоставления ожидаемых возможных доходов, получаемых от реализации проекта и израсходованных средств. Ожидаемый возможный доход - величина неопределенная и зависит от множества факторов таких как приемлемая себестоимость разработки, возможность получения семейства технологий, стоимость ресурсов и т.д.

Одной из отличительных особенностей инвестиционных проектов при расчете дохода промышленных предприятий от проекта, связанного с высокими технологиями является инновационный риск, то есть вероятность потерь, из-за того, что инновационный продукт не найдет ожидаемого спроса на рынке. Кроме того, большинство инвестиционных проектов являются крупными, следовательно, зачастую не могут быть профинансированы за счет собственных источников и требует дополнительных средств, что напрямую влияет на оценку риска. По этой причине большинство новых оригинальных разработок и технологий не используется в производстве, оставаясь в стадии исследования, несмотря на их значительное преимущество перед существующими.

Инновации в управлении персоналом

Князева К.А., Петрова А.А.
Научный руководитель – доцент, Еременская Л.И.
Ступинский филиал МАИ, каф. ЭиУ
mati.managment@mail.ru

В каждой современной компании успех инновационной деятельности в основном зависит от эффективности и результативности управления персоналом – главной функциональной подсистемы фирмы и основного ресурса инновационного развития. Исследование нововведений в структуре управления кадрами компании, разработка решений, направленных на повышение эффективности реализации новых аспектов деятельности работников в организации, представляют большой научно-практический интерес и являются крайне актуальными.

Цель данной работы является исследование теоретических аспектов внедрения нововведений в деятельность персонала.

Объект исследования – система инновационного управления кадрами компании.

Предметом исследования выступают инновации в структуре управления сотрудников организации.

Инновационный процесс содержит следующие составляющие понятия: определение потребности, исследование, разработку, внедрение и использование.

Система управления сотрудниками как инновация, содержит ряд существенных направлений: развитие персонала и управление деловой карьерой, построение системы мотивации, формирование корпоративной культуры, разработка модели компетенций, компьютерные технологии в управлении.

В качестве основных задач анализируются: интегрирование управления персоналом с помощью системам психологического и психического тестирования; оценка рабочих мест и паспортизация в соответствии с условиями труда; стандартизация

деятельности; применение знаний о его интересах и способностях работника с целью увеличения его же эффективности.

Помимо нововведений в управлении кадрами, так же широкое распространение получают информационные технологии работы с персоналом:

1. Онлайн взаимодействие, которое обеспечивает при удаленном доступе решения основных задач в области управления сотрудниками.

2. Организация баз данных учета и формирование контроля кадровой статистики.

3. Видеоконференции и онлайн связь с помощью которых осуществляется участие кадров удаленных подразделений фирмы.

4. Каскадирование важной информации или новостей на индивидуальную электронную почту сотрудников.

5. Формирование и рост интерактивных приложений внутренней сети для успешного сбора обратной связи, привлечения сотрудников в обсуждении значимых проблем.

Инновации можно рассматривать как любой процесс или результат. HR-инновации могут реализовываться в любой фирме в разной степени. Они могут быть простыми, как например, когда фирма переходит из привлечения персонала из газет и журналов в сферу онлайн. Существенным шагом для инноваций в области управления персоналом является определение требований или возможности для инноваций со стороны специалистов HR.

Таким образом, решение внедрить инновации должно быть принято при хорошем понимании связанных рисков и ресурсов. Вся проделанная работа с целью увеличения прибыли строится на удовлетворения потребностей и развитии сотрудников фирмы, получая взамен от них эффективную работу. Новые технологии в управлении персоналом играют важнейшую роль в компании для повышения получаемой прибыли на предприятии и занятие лидирующих конкурентоспособных позиций на рынке.

Использование гейтовой системы для проектов по управлению стоимостью изделия

Короташ Н.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н., Калошина М.Н.
МАИ, каф.508
corotash@gmail.com

Для ряда таких отраслей с большой продолжительностью жизненного цикла изделий, как авиастроительная, машиностроительная, ракетокосмическая, цена ошибки на каждой стадии жизненного цикла изделия может быть очень высока. С одной стороны продукция, выпускаемая в данных отраслях, должна быть безопасна и полезна для потребителей, но с другой стороны законы рынка диктуют свои требования по цене реализации в условиях конкуренции и уровню затрат, которые закладываются в себестоимость продукции.

Для эффективного управления программами в вышеуказанных областях, в том числе, и в части управления стоимостью изделия, может быть использована гейтовая система, широко используемая при создании продукции западными производителями (Boeing, Volvo, и тд). Данная система на практике реализовала себя как высокоэффективный инструмент стратегического планирования, разделяя жизненный цикл изделия на «планово-пригодные» этапы с сохранением целостного видения проекта, и уделяя внимание контрольным точкам принятия решения при переходе к новому гейту.

Построение комплексной системы управления стоимости изделия актуально как для реализации продукции гражданского назначения, которая по умолчанию обязана быть конкурентноспособной, так и для предприятий оборонно-промышленного комплекса, перед которыми стоит задача увеличения уровня коммерциализации заказов, что может быть достигнуто за счет повышения доли гражданской продукции и продвижения ее на рынке. В этом случае конкурентная цена и управляемые затраты будут основными двигателями процесса коммерциализации.

Данная статья 1) рассматривает текущий опыт и проблемы, существующие при проектировании, производстве и эксплуатации отечественной гражданской продукции

авиастроительной отрасли; 2) рассматривает подходы к разработке механизмов изменения цены реализации продукции на каждом этапе (гейте) при изменении входных данных текущего гейта с учетом рисков проекта. Корректировки, внесенные в проект на разных этапах жизненного цикла имеют различный ценовой эффект на конечную стоимость реализации и стоимость гарантийного/послепродажного обслуживания. Управление стоимостью проекта рассматривается в данном случае как ценовой аналог весовому проектированию, применяемому в авиастроении.

Несмотря на специфику авиастроительной отрасли, в машиностроительной, ракетокосмической отраслях существует не менее широкий спектр связанных задач, таким образом, результаты проводимой работы могут быть применимы и для смежных отраслей в том числе.

Экономическая эффективность применения инноваций в области утилизации авиационной техники

Басий А.Ю., Литвин Э.Ю.
МАИ, каф. 505
litvin0904@mail.ru

Авиационная промышленность является одной из наиболее растущих отраслей в мире. В течение следующих 20 лет ожидается выход из эксплуатации более 30% коммерческих самолётов. Поэтому актуальной является задача утилизации (разделки) авиационной техники – воздушных судов, авиадвигателей, агрегатов.

Одной из проблем переработки самолётов является использование различных соединений материалов (углеродных композиционных материалов, стальных и титановых сплавов и др.). Решение по переработке данных соединений практически отсутствуют. Также проблемой является отсутствие спроса на вторичные ресурсы от старых переработанных самолетов.

Целью настоящей работы является анализ новых технологий утилизации позволяющих осуществлять экологически безопасную, ресурсосберегающую и безотходную переработку широкой номенклатуры продукции.

Для оценки применения инноваций в области утилизаций были исследованы две крупнейшие авиастроительные компании в мире Airbus S.A.S. и The Boeing Company. По данным компаний на основе современных технологий утилизировать можно около 60% самолета, часть компонентов не подлежит переработке и складируются в ожидании разработки новых технологий.

Стоянка и хранение самолёта в аэропорту требует затрат. Переработка авиатехники позволит получить до 10 тонн сплавов и 40 тонн цветных металлов. Тонна самолётного лома стоит 25 000 – 30 000 руб. Также авиастроители используют вторичное сырье для возмещения комплектующих. Затраты на перевозку техники и её разбор компенсируются за счёт объема продукции. Показатель рентабельности не высокий, однако крупные авиакорпорации борются за лидерство в создании технологий для переработки 95% материала.

Под положительным эффектом от утилизации авиационной техники следует понимать снижение количества самолётов, оставленных «умирать» на взлетно-посадочной полосе, развитие новых технологий, создание новых производств и рабочих мест, улучшение экологической ситуации страны и т.д. Негативный эффект – перепродажа и эксплуатация компонентов, срок службы и ресурс которых исчерпан. Развитие программы переработки и повторного использования позволит улучшить имидж страны на международной арене.

Исследование направлено на определение степени использования инновационных технологий, потребности в утилизации авиационной техники, влияния государства на авиапредприятия и перевозчиков по замене и ликвидации устаревших самолётов.

Перспективы ИЛ–114 на внутреннем рынке, в условиях ухудшения геополитической ситуации и валютных колебаний

Меркушин В.С.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Опрышко Н.В.
МАИ, каф. 505
mervova@yandex.ru

Одной из основных проблем российской авиатранспортной системы является веерная сеть маршрутов и неразвитость региональных линий. Жители даже крупных городов не имеют между собой прямых авиарейсов, жители малонаселенных городов не имеют авиасообщения совсем. Проблема развития региональных авиаперевозок в РФ чрезвычайно важна для населения РФ и нуждается в решении.

Также в условиях ухудшения геополитической ситуации остро стоит проблема импортозависимости в авиастроении и авиатранспортной системе. В РФ отсутствует серийно выпускаемыйрегиональный самолет, состоящий полностью из отечественных комплектующих, с высоким уровнем послепродажного обслуживания. Доля импортных комплектующихв ключевых проектах отечественной гражданской авиации составляет72 процента в SSJ-100 и 40 процентов в МС – 21.

Опыт авиакомпании «Трансаэро» показывает, что заключение лизинговых договоров с иностранными поставщиками и развитие популярных международных направлений в РФ связано в высоким уровнем риска. Авиакомпаниям в РФ необходимо делать ставку на внутренние направления, спрос на которые, в отличие от международных направлений, в меньшей степени подвержен влиянию кризиса, и выполнять их самолётами отечественной сборки.

В 2016 годуруководством ОАК было принято решение возобновить производство ближнемагистрального турбовинтового самолёта ИЛ – 114. НИОКР начнутся в 2017 году и будут направлены на замену импортных комплектующих отечественными аналогами. Первый опытный образец нового ИЛ – 114 будет изготовлен в 2019 году,а серийное производство планируется в 2021 году. Турбовинтовые самолёты, в отличие от турбореактивных, имеют существенно меньшие эксплуатационные расходы, что в совокупности с отсутствием необходимости строительства путепровода по всей протяженности маршрута делают их незаменимыми в регионах с низкой плотностью населения и большими расстояниями между населенными пунктами. По предварительным оценкам стоимость рейса, выполняемого Ил-114, сопоставима со стоимостью билета в плацкартном вагоне.

Авиакомпании в РФ, выполняя внутренние рейсы на отечественном региональном самолете,существенно минимизируют валютные, политические и экономические риски, и делают авиатранспорт доступным для населения, что позволяет судить о востребованности проекта серийного производства Ил-114 в РФ.

О системе электронного документооборота в работе конструктора на предприятиях ОПК

Михайлова И.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Садковская Н.Е.
МАИ, каф. УИН
mih.irina1806@mail.ru

Оборонно-промышленный комплекс (ОПК) обладает стратегическим значением в деятельности государства. Поэтому необходимо создать хорошие условия работы для сотрудников ОПК, чтобы вести разработку продукции на высоком уровне.

Одним из средств, обеспечивающих работу инженера-конструктора на современном уровне, является система электронного документооборота (СЭД).

СЭД обладает рядом преимуществ:

- быстрый доступ к документам;
- обмен документами между территориально распределенными подразделениями;

– формирование отчетности;
– применение электронно-цифровой подписи;
– управление правами доступа;
– обеспечение информационной безопасности, защита документов и содержащейся в них информации.

Однако в работе инженера-конструктора с СЭД, выявляются некоторые проблемы.

Во-первых, в электронном согласовании конструкторских документов (КД). Зачастую для проверки КД необходимо работать с несколькими сборочными чертежами, чертежами деталей одновременно.

Во-вторых, при просмотре нужных объектов на разных листах электронных версий КД. При этом нужно переключаться между окнами программы, что крайне неудобно. Полностью охватить взором, учитывая мелкие изображения, например, на формате А1 на компьютере невозможно: приходится приближать, отдалять изображение. К тому же возраст опытных инженеров-конструкторов ОПК, как известно, в большинстве старше среднего, это не достаточно хорошо отражается на работе с компьютером. Таким образом, есть вероятность упустить некоторые важные моменты изменений в КД.

В-третьих, при работе в разных программах. Приходится заносить одни и те же данные несколько раз. Это занимает много времени. В частности, при проведении изменений в КД, формировании конструкторских спецификаций, необходимо вносить данные в PLM-систему PTC Windchill (систему, предназначенную для автоматизации процессов управления данными, позволяющую управлять информацией об изделии на всех этапах жизненного цикла), а так же вносить те же данные в ERP-систему BAAN (систему, охватывающую организационные и производственные процессы предприятия, включающие в себя управление производством, контроль за технологическим процессом, финансовый учет, управление системой логистики, включающей в себя операции по снабжению, сбыту, а также складированию). Работа с BAAN достаточно трудоёмка. Рациональным способом преодоления вышеуказанных недостатков является интеграция указанных программ: данные из PTC Windchill будут автоматически переноситься в BAAN. Это позволит ускорить сроки разработки продукции, даст положительный экономический эффект, улучшит работу конструктора, не заставляя его переключаться еще на одну программу из множества, в которых он работает.

Таким образом, совершенствуя СЭД, улучшается работа инеженера-конструктора.

Ребрендинг в B2B секторе

Морозова Д.О.
Научный руководитель – доцент, к.и.н Косых О.И.
МАИ, КИМПиР
morozova.dariaaaaaa@gmail.com

Развитие брендинга в России обусловлено тем, что на данный момент рынок – это соперничество товарных марок и рекламных образов за их место в сознании потребителей.В современных условиях перед компаниями возникает все больше новых задач, одной из которых является сохранение достигнутых позиций на рынке и повышение эффективности экономической деятельности. Возможным путем решения этих задач является брендинг или процесс создания бренда.

Большинство российских промышленных фирм обходятся без создания целостного бренда, а концентрируют свое внимание на создании логотипа и нейминга. Они считают, что создание бренда мало отразится на их благосостоянии, что является грубой ошибкой, так как именно бренд помогает привлечь и удержать клиентов,в том числе и во время экономического кризиса. Доводом представителей B2B сектора является специфика потребленияих товаров и услуг: онприобретаются не для личного, а корпоративного пользования, поэтому эмоциональная привязанность не обязательна, ценность должна быть проявлена на практике, а не существовать чисто символически в сознании потребителя.

Но, организация находится в постоянном развитии, связанным с внутренними и внешними изменениями. Не всегда первоначальное позиционирование компании остается актуальным и выражает сущность и стратегию ее развития на сегодняшний день. На этих этапах необходим новый стимул в деятельности – ребрендинг. В западных странах не так часто прибегают к процедуре ребрендинга, нежели в России, где данный процесс является данью моды. Однако следование моде может оказаться пустой тратой денег.

Отличие ребрендинга от брендинга заключается в том, что брендинг – это процесс построения бренда с нуля, а ребрендинг – процесс трансформации бренда, основывающийся на историческом наследии и репутации предприятия. Ребрендинг – двунаправленная процедура, которая должна изменить отношение, как внешних, так и внутренних стейкхолдеров. Условно можно разделить ребрендинг на два вида: а) комплексный – изменение всех аспектов бренда начиная от названия фирмы и заканчивая корпоративной идеологией; б) косметический – смена дизайн логотипа, вывески, рабочего помещения (рестайлинг).

Ребрендинг для предприятий B2B сектора необходим в случае:

- стихийного (ситуационного) формирования бренда, не отвечающего стратегии компании;
- измененияконъюнктуры рынка и потребностей потребителя;
- слияния/поглощения компаний;
- смены стратегии деятельности компании;
- стремления к повышению конкурентоспособности;
- потериклиентов и негативной репутации компании.

При верной организацииребрендинг дает бренду новые силы, качества, привлекательные черты. Усиливается бренд – возрастает лояльность потребителей, как следствие – возрастает авторитет компании. Примером успешного ребрендинга можно назвать трансформацию бренда International Business Machines (IBM), произошедшуюпри переходеот перфорированных карточек к персональным компьютерам. Ребрендинг им понадобился, чтобы убедить людей в том, что компьютерная революция близко, и персональный компьютер (ПК) скоро будет в каждом доме.

Сопоставление прогнозов и уровней продаж магистральных самолетов в период с 1999 по 2016 гг.

Назаров Е.В., Зиновьев Я.В.
Научный руководитель – к.т.н. Юргенсон С.А.
МАИ, каф. 101
misirevo@mail.ru

Крупные авиастроительные компании каждые двадцать лет рассматривают перспективы развития авиационной индустрии. Анализируются такие параметры рынка как: ежегодный пассажиропоток, пассажиропоток в отдельных регионах, пассажиро-километры, изменение цен на топливо, изменения лизинговых ставок и т.д. Данная статистика применяется при определении облика разрабатываемых проектов и стратегии производства существующих авиалайнеров.

Цель данной работы - анализ и сравнение реальных поставок самолетов различной вместимости и дальности, с прогнозами представленными компаниями в 1999 году. Сравнение предполагаемых и реальных значений воздушного трафика в различных регионах, выявление основных причин несоответствия прогнозов и реальных поставок. Также целью представленной работы является выявление причин воздействия глобальных катаклизмов на конъюктуру заказов авиастроительных компаний.

В данной работе рассмотрены и проанализированы прогнозы по развитию крупнейших авиастроительных компаний - Boeing и Airbus.

По данным компании Airbus на 2016 год рост пассажирооборота за рассматриваемый период должен был составить 5% в год, исходя из этого увеличится объем воздушного флота. По данным прогноза Airbus число эксплуатируемых самолетов

увеличится примерно в 2 раза, с 11000 до 22000. Аналогичный данные по увеличению пассажирооборота на тот же промежуток времени были продемонстрированы компанией Boeing, однако между прогнозами компаний присутствуют существенные различия. Специалисты Boeing прогнозировали увеличение доли региональных самолетов вместимостью от 90 до 150 мест на 20%, при снижении доли узкофюзеляжных самолетов вместимостью от 150 до 250 мест на 32%, доля широкофюзеляжных самолетов при этом увеличится на 17%. По прогнозам фирмы Airbus уменьшится доля региональных самолетов на 5%, узкофюзеляжных на 12%, при этом доля широкофюзеляжных судов увеличится также на 17%.

Сравнение прогнозов с реальными поставками самолетов всех сегментов, выполненных в период с 1999 по 2016 гг, показало, что количество осуществленных поставок, меньше прогнозируемых для фирмы Boeing на 28%, а для Airbus - 31% от запланированных. В 2016 году сегментация самолетов распределилась следующим образом: доля региональных самолетов увеличилась на 1%, узкофюзеляжных на 3%, широкофюзеляжных сократилась на 4%. При этом основной уровень продаж пришелся на узкофюзеляжные самолеты - 66%.

В работе проведено сравнение заказов, поступивших по данным компаний за каждый год, в период с 2000 по 2016 год, с целью выявить причины всплесков и падений количества заказов, которые в том числе связаны с влиянием на авиационную индустрию глобальных кризисов и катастроф. По распределению уровня поступивших заказов можно четко проследить воздействие глобальных катаклизмов на уровень заказов.

Инновационные технологии в авиационной промышленности

Никифорова А.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Ласточкина В.В.
МАИ, каф. Экономика
infinity1996@mail.ru

На данный момент в авиационной сфере всё активнее ведутся поиски эффективных способов улучшения промышленности. В связи с научно-техническим прогрессом и стремительным развитием информационных технологий требуется использовать актуальные способы усовершенствования авиационного производства.

Для обеспечения применения инновационных технологий была разработана государственная программа «Развитие авиационной промышленности на 2013 — 2025 годы», утверждённая распоряжением Правительства Российской Федерации №2509-р от 24 декабря 2012 года. Ответственным исполнителем является Минпромторг России. Цель данной программы следующая: создание конкурентной авиационной промышленности с последующим её закреплением на позиции третьего мирового производителя по количеству выпускаемой авиационной техники на мировом рынке.

В настоящее время авиационное производство должно не только выпускать актуальную продукцию, но и соответствовать высоким требованиям безопасности, соблюдать экологические нормы, а также существенно минимизировать затраты. На это и направлены инновационные технологии в данной сфере.

Существует несколько перспективных технологических направлений, разработка которых поможет существенно повысить эффективность производства в авиационной промышленности:

1. использование композитных материалов, которые смогут снизить вес воздушного судна;
2. концепция «более электрифицированного» самолета, позволяющая перейти от гидравлических систем к электрическим;
3. интегрированная модульная авионика с открытой архитектурой, которая помогает достичь многофункциональности системы.

Внедрение инновационных технологий становится более продуктивным при использовании механизмов повышения эффективности инновационного развития

отечественной авиационной промышленности. На данный момент времени существует три таких механизма:

1. механизм возвратного бюджетного финансирования, который предоставляет организациям доступ к большим объёмам денежных средств с последующей уплатой процентов.
2. механизм предоставления гарантий остаточной стоимости воздушных судов, обязующий производителя компенсировать покупателю разницу стоимости самолета на вторичном рынке.
3. механизм предоставления субсидий на компенсацию части затрат по первичным продажам авиационной техники, который создан для выравнивания конкурентной позиции производителя авиационной техники на рынке посредством предоставления субсидий из бюджета.

Специфика сегмента страхования космических рисков в РКП

Гришанович И.А., Потапов Д.В.
Научный руководитель – ст. преподаватель Прохорова Е.П.
МАИ, каф.509
Efirina5@yandex.ru, 1restartnow@mail.ru

Страхование, согласно закону РФ «Об организации страхового дела в Российской Федерации» №4015-1 от 27.11.1992 г., представляет собой отношения по защите имущественных интересов физических и юридических лиц при наступлении определенных событий за счет денежных фондов, формируемых из уплачиваемых ими страховых взносов.

Космическое страхование является одним из самых важных компонентов любого космического проекта. Это обуславливается тем, что данный вид деятельности можно охарактеризовать высокими уровнями рисков потери или нанесением повреждений космической техники. Таким образом, для того чтобы возместить возможные ущербы, необходимо привлечь механизмы финансовой защиты для возмещения вероятных ущербов.

Страхование в области РКП охватывает на всех этапах жизненного цикла изделия РКТ все виды страхования. Оно обладает определенной спецификой и характерными особенностями, которые можно обусловить высокой технологичностью и большой конкурентоспособностью в ракетно-космической отрасли, которые в свою очередь явно обособляют данный сегмент страхового рынка в общей страховой системе, в том числе:

– Необходимость сострахования. В связи с ограниченностью финансовых средств страховщиков, появляется необходимость сострахования, которое характеризуется объединением в страховые пулы и передачей рисков в перестрахование.

– Капиталоёмкость. Конструкции летательных аппаратов, ракет, спутников постоянно совершенствуются по своим показателям, увеличвается их мощность, сроки эксплуатации и многое другое. Все это, в свою очередь, требует больших капитальных вложений. Например на запуск некоторых геостационарных спутников необходимо 300 млн. долларов США с учетом стоимости ракеты-носителя. Также появляется необходимость размещения рисков и выбора высоконадежного страховщика.

– Относительная низкая конкуренция. Рынок космического страхования подразумевает колоссальные убытки в результате катастроф и аварийных последствий, степень риска очень велика, вследствие чего круг страховщиков в данном сегменте рынка очень ограничен. Это приводит к низкой конкуренции. Из-за сложности строения и производства продукции ракетно-космической промышленности, рынок космического страхования - довольно узкий сегмент, на котором не так много игроков.

– Индивидуальный подход. Рынок космических услуг динамично развивается, производство на рынке РКП является мелкосерийным, а в некоторых случаях и единичным. Поступают на регулярной основе новые виды услуг, поэтому появляется необходимость разрабатывать, можно сказать индивидуально, новую систему оценки

рисков, определять страховые выплаты и премии, что для других рынков страхование является нехарактерным.

Страхованию подлежат все объекты КД, в том пилотируемые КА, ракеты-носители, спутники и орбитальные станции, наземная инфраструктура и жизнь сотрудников космической промышленности. Помимо этого, к космическим рискам относятся риски перерыва эксплуатации космических аппаратов и риски потери дохода вследствие внештатного функционирования систем и оборудования КА.

Неудачный запуск Глонасс, застрахованный на 3,5 млн. долларов США и нанесший ущерб российской экономике в 190 млн. долларов США, еще раз продемонстрировал нам необходимость систематичного и эффективного использования этого инструмента. Есть необходимость будущего развития и улучшения, систематизации опыта как научного, так и практического, необходимо усилить взаимосвязь между теорией и практикой.

Исследование возможности применения EPC и EPCM подходов при реализации проектов реконструкции объектов двойного назначения

Рютова Т.С.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Кислуха А.Е.
МАИ, каф. УИ
t.ryutova@yandex.ru

ФСР и КВП – это система двойного назначения, функционирующая в составе системы воздушно-космической обороны (ВКО) и во взаимодействии с единой системой организации воздушным движением (ЕС ОрВД), является важной составной частью как оборонного, так и авиационного потенциала страны, инструментом защиты национальных интересов Российской Федерации в сфере использования и контроля воздушного пространства. Проблема совершенствования ФСР и КВП, как сложной организационно-технической системы, охватывающей всю территорию страны, и ее координированного развития с другими взаимодействующими системами должна решаться с позиций системного подхода и проектного менеджмента.

Мероприятия по совершенствованию ФСР и КВП являются капиталоемкими и требуют длительных сроков внедрения новых технологий и технических средств.

Таким образом, целесообразность решения проблемы программно-целевым методом обусловлена следующими факторами:

государственной заинтересованностью в обеспечении независимости деятельности Российской Федерации в сфере использования и контроля воздушного пространства;

межведомственным и межрегиональным характером задач разведки и контроля воздушного пространства Российской Федерации;

сложностью построения и большим географическим разбросом элементов ФСР и КВП по территории всей страны;

высокой стоимостью и большой ресурсоемкостью мероприятий по совершенствованию ФСР и КВП.

Программно-целевой подход невозможен без применения EPC и EPCM.

EPC (engineering, procurement, construction — инжиниринг, поставки, строительство) – это договор на выполнение работ «под ключ» с фиксированной ценой. При этом EPC-подрядчик — это генеральный подрядчик, выполняющий за фиксированную цену основной объем работ инвестиционно-строительного проекта и принимающий на себя все риски его осуществления с момента проектирования и до момента передачи готового объекта заказчику (в том числе выполнение гарантийных обязательств), по которым он несет финансовую ответственность перед заказчиком.

EPCM (Engineering Procurement Construction Management) - Проектирование, Поставки, Управление Строительством. Под EPCM-контрактом чаще всего понимается такая структура, когда EPC(M)-подрядчик собственными силами (силами дочерней компании) осуществляет проектирование, самостоятельно осуществляет контрактование оборудования и материалов, но в части строительно-монтажных работ осуществляет лишь управление, т.е. от имени заказчика управляет нанятыми заказчиком подрядчиками.

Принципиальным отличием договора EPC(M) от EPC-контракта является то, что заключая EPC-контракт, заказчик в значительной степени перекладывает риски и ответственность на EPC-подрядчика, который должен эту ответственность обеспечивать ликвидным имуществом.

Использование программно-целевого подхода и элементов календарного планирования проектного менеджмента обеспечивает сбалансированное выполнение всего комплекса разноплановых мероприятий Программы совершенствования ФСР и КВП, что позволяет оптимизировать сроки, стоимость, ресурсоемкость и трудоемкость работ по совершенствованию федеральной системы.

Проблема импортозависимости в отечественном гражданском авиастроении и пути её решения

Сикриер А.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Опрышко Н.В.
МАИ, каф. 505
angel08_1994@mail.ru

Импортозависимость в отечественном гражданском авиастроении является серьёзной проблемой для страны и требует решения. Она ставит под угрозу не только выход на мировой рынок и конкурентоспособность гражданской авиации, но и национальную и экономическую безопасность, как отрасли авиастроения, так и страны в целом. Текущее состояние внешнеполитических и экономических отношений России, введение новых санкций, влечёт за собой серьезные последствия.

Проблемы импортозависимости в целом: низкая экономическая и политическая безопасность страны и отрасли, высокая непосредственная зависимость от иностранных поставщиков, боязнь новых санкций, отток денежных средств в другие страны, снижение уровня занятости населения и простой рабочих мощностей, невозможность быстрой переориентации, в случае прекращения отношений с иностранными компаниями и т.д.

Одним из путей снижения импортозависимости является импортозамещение.

Главной задачей импортозамещения является устранение проблем импортозависимости и непосредственное её снижение.

При правильном развитии, импортозамещение ведет к: повышению экономической и политической безопасности страны, росту занятости населения, снижению безработицы, повышению уровня жизни, повышению уровня научно-технического прогресса, к росту спроса на товары внутреннего производства, к использованию текущих и расширению производственных мощностей, сохранению валютной выручки внутри страны и улучшению торгового баланса страны.

На текущий момент импортозависимость в гражданском авиастроении составляет около 90 %, к 2020 г. намечено сократить импортозависимость по авиационной технике гражданского назначения до 85%.

Главная надежда на возрождение российского гражданского авиастроения — перспективный самолет МС-21, который сможет конкурировать в массовом сегменте рынка с Boeing и Airbus. Но даже в МС – 21 импортозависимость составляет 40 %.

Чтобы решить эту проблему, нужно правильно построить мероприятия по снижению импортозависимости.

Первостепенной целью является импортозамещение тех комплектующих, при потере которых, мы не сможем производить собственные самолеты данной модели. Такими комплектующими в большей степени являются: американский двигатель PW1400G, а так же Авионика, разработанная совместно Америкой и Францией.

На текущий момент для решения этой проблемы разрабатывается отечественный двигатель ПД-14 семейства перспективных гражданских турбовентиляторных двигателей с тягой от 7 до 18 тонн.

ПД-14- двигатель с тягой в 14 тонн, поколения 5+, расход топлива на 10-15 % ниже в сравнении с двигателями аналогичного класса, эксплуатационные расходы на 14-17 % ниже, а стоимость жизненного цикла на 15-20% меньше, чем у конкурентов.

Использование двигателей семейства ПД может решить не только проблему импортозависимости МС-21, но и Ту-214, ИЛ-96.

Авионику же могут разработать такие предприятия, как Концерн «Авионика», «Авиаприбор - Холдинг».

Несомненно, накопленный в РФ за долгие годы научно-технический потенциал сможет решить проблему импортозависимости в отечественном гражданском авиастроении.

Инновациионные технологии в авиационной промышленности

Тишина Е. А.
Научный руководитель – Ласточкина В.В.
МАИ, каф. Экономика
aliena.tishina@mail.ru

Каждый год перед производителями встают новые требования, часто противоречивые: повышение удельных мощностей, повышение средней скорости движения, ужесточение требований безопасности, автоматизация работы пилота, усложнение конструкции, повышение грузоподъемности и удешевление производства. Необходимо придумать и применить новшество, обеспечивающее качественный рост эффективности процессов или продукции, востребованное рынком. Новые идеи требуют длительной проверки, и зачастую время от разработки до внедрения новых решений составляет 10-15 лет. «Первопроходец» иногда теряет конкурентное преимущество за счет более высоких изначальных затрат материальных и временных.

Сложностью в инновационной активности авиакомпаний является то, что, в отличие от других предприятий, сотрудники авиакомпаний физически не могут контактировать, из-за постоянного перемещения летных экипажей. Большинство исследователей отмечают, что важным фактором внутрикорпоративных инноваций является постоянное общение между сотрудниками, что для авиакомпаний достаточно трудно.

На сегодня основные области нововведений в авиационной промышленности можно разделить на четыре области:

1. Инженерная область.
2. Производственная область.
3. Экономическая область.
4. Корпоративная область.

Некоторые исследователи отмечают важным поддержание связей с университетами и профессиональными сообществами. К примеру, Канадский авиапроизводитель «Bombardier» успешно взаимодействует с Квебекским обществом исследований и нововведений в авиапромышленности, объединяя вузы, научные сообщества и промышленные организации. Цель общества - это повышение конкурентоспособности авиапромышленности при помощи развития коллективных знаний посредством обучения студентов.

Российская авиакомпания «Аэрофлот» тоже развивает сотрудничество с вузами и НОЦ. Успешным примером сотрудничества можно отметить увеличение количества НИР с МГТУ ГА.

К инженерной области можно отнести внутренние системы воздушного судна, позволяющие максимально упростить управление, экономичный расход топлива, управление жизненным циклом продукта (САПР - Система автоматизированного проектирования и т.д.) и ущерб окружающей среде.

Наглядным примером инновационной платформы можно назвать объединение «EADS», «Boeing» и «Embraer» для создания и введения в оборот авиационного биотоплива.

В качестве успешного примера коллективного предприятия, направленого на получение конкурентных возможностей в инновациях, можно привести «PowerJet» –

совместное предприятие НПО «Сатурн» и зарубежной компании «Snecma» по выпуску двигателей «SaM146» для областных самолетов «Sukhoi SuperJet 100».

К производственной области можно отнести повышение качества производства, увеличение оборотов производства.

К экономической области можно отнести инновационный менеджмент, логистику закупок и послепродажного обслуживания, отношения с поставщиками.

Секция «Экономика и управление в промышленности»

Совершенствование работы по оценке и учету результатов труда работников научно-производственного предприятия на основе показателей KPI(на примере ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина)

Алтухова А.А.
Научный руководитель –доцент, к.с.н. Коган Е.А.
МАИ, каф. 009
albina.altukhova@gmail.com

Оценка и учет результатов труда разных категорий работников (руководителей, специалистов, других служащих, рабочих) имеют различия между своими задачами, значимостью, показателями или характеристиками, сложностью выявления результатов.

Необходимо выделить понятие критерияоценки –своеобразный порог, за которым показатель будет превышать (равняться) или будет нижезапланированных требований.

«Невозможно управлять тем, что нельзя измерить». Этот принцип является основным для любой системы оценочных критериев, влияющей на поведение людей как в самой организации так и вне её. Если компания желает преуспеть и быть конкурентоспособной в информационную эпоху, то её системы оценки и управления необходимо строить исходя из стратегических задач и возможностей.

Мотивировать и оценивать результаты сотрудников только по финансовым показателям неразумно. При сохранении финансовой составляющей в качестве основного параметра, система сбалансированных показателей (ССП) уделяет большое значение интегрированному комплексу критериев, связывающих долгосрочный финансовый успех со следующими показателями: клиентская база, внутренние процессы, персонал и систематическая работа компании в целом.Система является неким комплексом показателей результатов и факторов, которые способствуют их достижению. Не указав эти факторы, невозможно определить, какие цели были достигнуты. ССП должна включать комплекс результатов (индикаторы уже сделанного) и факторов достижения будущих результатов (показатели того, что будет сделано).

Одной из ведущих систем оценки эффективности деятельности компании является система ключевых показателей эффективности KPI (KeyPerformanceIndicators), позволяющая адекватно, всесторонне оценить деятельность и разработать на её основе эффективную стратегию развития, выбрать тактику и определиться с оперативными действиями, а главное - проводить мониторинг и контроль деловой активности конкретных сотрудников, подразделений и компании в целом. Иными словами, система ключевых показателей эффективности (КПЭ) позволяет руководству анализировать текущую ситуацию в стратегической перспективе, а каждый сотрудник получает возможность самостоятельнооценивать свой вклад в реализациюобщей стратегии.

В связи с принятием на «НПО им. С.А. Лавочкина» плана стратегических преобразований встала задача повышения эффективности деятельности предприятия. Текущая система управления эффективностью не соответствует задачам стратегических преобразований.

В связи с этим на предприятии возникла потребность в разработке процесса оценки и учета результатов труда сотрудников с использованием KPI. На данный момент на предприятии внедрена система показателей KPI на высших уровнях управления.

В ближайшем будущем предстоит внедрить эту систему на уровне конструкторского и производственногоотделов АО «НПО им. С.А. Лавочкина».

На данный момент проводятся исследования, по выявлению необходимых показателей для расчета KPI, а также исследуются потребности и ожидания со сторонируководства,относительно создания новой модели оценки и учета результатов труда работников.

Импортозамещение в авиастроении – залог успешного развития отрасли

Артющик В.Д.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Тихонов А.И.
МАИ, каф.501
vika565@list.ru

В современных условиях развития авиационной промышленности возникла острая необходимость импортозамещения. Многие совместные проекты с иностранными партнерами, в особенности с украинскими, находятся в режиме неопределенности. Для дальнейшего успешного развития экономики в целом, в том числе и авиационной промышленности, а также обеспечение транспортной безопасности и даже обороноспособности нашей страны, диктуется необходимость принятия срочных мер по импортозамещению. Кроме того, вопрос назрел и с точки зрения актуальности модернизации российской авиационной промышленности.

Целью данной работы является определение развития основных путей развития авиационной промышленности в свете государственной стратегии на импортозамещение и обеспечение её поступательного развития.

Государство имеет достаточно широкий инструментарий для реализации политики импортозамещения. В ходе работы было доказано, что минимальный эффект приносят механизмы, направленные на ограничение внешней торговли, в то время как наибольший положительный эффект приносят механизмы, направленные на стимулирование инвестиционной деятельности и продвижение на рынке товаров отечественных производителей. Под положительным эффектом следует понимать создание новых производств и рабочих мест, рост налоговых поступлений, развитие научно-технического задела и т.д. Негативный эффект – осложнение торговых отношений с зарубежными партнерами, ухудшение имиджа страны на международной арене, удорожание товаров на внутреннем рынке, снижение их качества и т.д.

Основными принципами, заложенными в механизмы импортозамещения в авиационной промышленности, должны стать следующие: стратегический характер и ограниченность во времени. При этом основным мерилом успешности политики импортозамещения выступит динамика конкурентоспособности отечественной продукции.

Следует особо отметить, что в основу плана импортозамещения должны быть положены задачи создания конкурентоспособных продуктов и выхода на мировой рынок, обладающий гораздо более высоким потенциалом для роста отечественных компаний, а не полной замены всего зарубежного, тем более, что значительная часть оборудования и разработок, поставляемых по импорту, может быть освоена российскими предприятиями.

Всестороннее развитие программы импортозамещения может стать одним из факторов, стабилизирующих социально-экономическое положение России в целом. В основу импортозамещения в авиационной промышленности должен быть положен тезис о том, что все замещаемые технологии и оборудование получают свое развитие на более высоком уровне развития науки.

Космический туризм – мечта или реальность?

Безобразова Е.А., Томилова В.А.
Научный руководитель –доцент, к.э.н.Зубеева Е.В.
МАИ, каф. ФМ
kate_hoffman@mail.ru, vikitom@mail.ru

Космос – это неизведанное человеком пространство, которое во все времена было предметом мечтаний и самой таинственной загадкой для множества поколений. Сегодня изобретатели, конструктора, технологи и многие другие специалисты работают над созданием и освоением техники, которая позволит человеку покорить космос. Это является предтечей развития космического туризма.

Космический туризм перешел из разряда мечты в реальность в начале нового тысячелетия. Начало этой новой и, казалось бы, нереальной деятельности положил американец Деннис Тито. Ввиду высокой стоимости такого вида туризма большого распространения он пока не получил. Однако открытие возможности суборбитального туризма стало прецедентом для настоящего «космического бума»: на полет в космос с VirginGalactic принято несколько сотен заявок, а к 2022 г., по данным американской организации SpaceFoundation, емкость рынка космического туризма достигнет цифры в $1 млрд.

Россия также является участником этого рынка. Так, «Космокурс» разрабатывает инновационные технологии для освоения рыночной ниши в космическом пространстве. Но Россия отстает от запада по объему частных инвестиций. Несмотря на то, что интерес к космонавтике есть, он исходит от отдельных лиц и в отношении конкретных проектов, но это пока не приобретает желаемого уровня популярности. Первая группа туристов от «Космокурс» должна отправиться в Космос в 2021 году.

В мировом сообществе для освоения космического пространства и реализации массовой идеи космического туризма реализован ряд проектов: на орбиту отправлен военный мини-шаттл; американцы и французы трудятся над созданием ракетопланов; французскими конструкторами разработан челнок VEHRA (своего рода «грузовик», которому не нужен пилот).

Как уже отмечалось, Россия пока отстает от Запада в вопросе финансирования космического туризма силами инвесторов. Тем не менее, перспективными направлениями для инвестирования считаются:

1. Коммерческие туры на Луну. Данное направление интересует Европейское космическое агентство и NASA. К 2030 г. планируется высадка на Луну команды из четырех человек.

2. Суборбитальные полеты – вид космического туризма, который предполагает выход на «границу» между стратосферой и открытым Космосом.

3. Орбитальные космические полеты – наиболее дорогостоящий и интересный проект, которым в настоящее время активно занимается компания Virgin Galactic.

Таким образом, космический туризм становится все более популярным видом научных исследований. Значительные инвестиции в эту деятельность воплотят мечту в реальность, и рано или поздно Космос станет доступен не только миллиардерам.

Стратегические ориентиры развития предприятий авиационной промышленности

Бондаренко А.В., Калошина М.Н.
Научный руководитель – профессор, к.э.н. Калошина М.Н.
МАИ, каф. 508
annachem@mail.ru

В современных условиях предприятиям авиационной промышленности (далее – АП) при формировании стратегии устойчивого развития необходимо учитывать как внешние условия и возможности среды (в отрасли АП продолжается процесс формирования ограниченного числа системообразующих интегрированных структур, объединенных на основе единого технологического процесса разработки и производства продукции), так и внутренние.

Под «устойчивым развитием» понимается такое состояние предприятия, при котором оно в динамике стабильно выполняет и достигает все стратегические, оперативные, текущие планы и задачи с учётом специфики и перспектив развития отрасли. В стремлении предприятия устойчиво развиваться, руководителям необходимо находить баланс между развитием предприятия и его устойчивостью.

При формировании стратегических ориентиров устойчивого развития предприятия необходимо:

1. провести обзор, анализ и учёт основных факторов, вызывающих существенные изменения в перспективах развития предприятия;
14. сформировать систему векторных показателей развития предприятия и отслеживать динамику их роста.

Главным фактором внешнего воздействия выступает отраслевой фактор, главным внутренним фактором - трудовой потенциал.

Установленные эталонные вектора устойчивого развития дают возможность предприятиям вовремя определить текущее состояние и скорректировать будущие действия.

В качестве надежного способа определения стратегических ориентиров развития предприятия предлагаем использовать отраслевые показатели, взятые из программы развития отрасли АП, например, такие как рентабельность активов и продаж, производительность труда и другие. Данные показатели называются «эталонными», являются предельными и среднеотраслевыми.

Сравнивая эффективность деятельности предприятия с основными показателями программы, можно увидеть закономерные модели стратегических реакций предприятий АП, ориентированных на достижение ключевых показателей программы. Соотнесем уровни функционирования предприятия с моделями стратегических реакций:

- уровень 1 «устойчиво развивающиеся» - предприятия с уровнем эффективности выше среднего по отрасли (устойчивы к воздействию внешних и внутренних факторов, динамично развиваются);
- уровень 2 «стабильно функционирующие» – предприятия с уровнем эффективности практически равной среднеотраслевым значениям (устойчивы к воздействию различных факторов, но не развиваются; выбрали стратегию долгосрочного присутствия на рынке и нацелены на стабильный рост бизнеса);
- уровень 3 «находящиеся на грани банкротства» - предприятия с уровнем эффективности значительно ниже среднего по отрасли (не в силах реагировать как на внешние воздействия, так и не в состоянии решать внутренние проблемы, предприятия с низкой, практически нулевой рентабельностью, стратегия выживания);

Таким образом, предприятия, стремящиеся принимать ключевые решения в рамках стратегии устойчивого развития, должны стремиться соответствовать модели стратегических реакций предприятий АП, соответствующих уровню №1.

К вопросу о системе целевого обучения

Винникова К.В.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Таюрский А.И.
СибГАУ, каф. МКПУ
Kristinka-greb@yandex.ru

В условиях современной экономики становятся актуальными вопросы обеспечения предприятий квалифицированными кадрами. С каждым годом возрастает значимость высшего образования, абитуриенты стремятся поступать в университеты, академии и институты. С переизбытком специалистов, имеющие высшее образование возникает другая, не менее острая проблема - большинство выпускников ВУЗов не могут трудоустроиться по специальности. По данным статистики в 2015 году 41% респондентов в возрасте до 30 лет, проживающих в городской местности ответили, что они работают по своей специальности, а в 2014 – 49,8 %. Если рассматривать категорию работающих в

возрасте до 30, проживающих в сельской местности, то процент работающих по специальности еще ниже, в 2015 году – 38,2 %, а в 2014 году – 54,3%.

Заметим, что в настоящее время в России почти отсутствует государственная поддержка выпускников в трудоустройстве, лишь некоторые отечественные предприятия подготавливают своих будущих специалистов сами. Целевая подготовка обучение специалистов из числа граждан, обучающихся на бюджетной основе по программам высшего или среднего профессионального образования и заключивших с филиалом договоры о целевом обучении, с целью последующего трудоустройства в филиал.

Общероссийским лидером в области подготовки и переподготовки специалистов и научных кадров для транспорта и транспортного строительства на сегодня является ОАО «Российские железные дороги». С ОАО «РЖД» сотрудничает целый научно-образовательный комплекс, в состав которого входят десять университетов, девять институтов, семнадцать техникумов.

В 2013 году в рамках квоты целевого приема на обучение по программам высшего образования в вузы железнодорожного транспорта было зачислено 7125 человек, в том числе: 3730 человек на очную форму обучения; 3455 человек на заочную форму обучения. В 2014 году общее количество зачисленных составило 5570 человек, из них на очную форму обучения 3759 человек, на заочную 1811 человек, в 2015 году в рамках квоты на обучение в вузы железнодорожного транспорта зачислено 4824 человека (очно – 3229 человек, заочно – 1525 человек). Проанализировав корпоративную социальную отчетность ОАО «РЖД» за три года, можно сделать вывод, что и ОАО «РЖД» с каждым годом сокращает набор на обучение по целевому направлению. Возможно, это связно со снижением грузоперевозок, а значит и о сокращение потребности в новых рабочих кадрах. Но нельзя поспорить с тем, что ОАО «РЖД» по-прежнему полагаются на свои силы в поиске и подготовке специалистов. Кадровое обеспечение ОАО «РЖД» – это десятилетиями отлаженная система, которая базируется на тесном сотрудничестве с профильными учебными заведениями.

Экономика подошла к такому рубежу, когда ее развитие в целом и развитие отдельных компаний напрямую зависит от ускорения научно-технического прогресса. В целях реализации данного процесса необходимы компетентные высококвалифицированные работники, которые быстро реагируют на меняющиеся потребности производительных сил. Деятельность и развитие компании в большей степени зависит от личных качеств рабочих, специалистов и руководителей всех уровней, от их компетенции, честности, порядочности, преданности общим интересам компании. Таким образом, задачи российской экономики обусловливают необходимость формирования новых компетенций как работников ОАО «РЖД», так и предприятий-поставщиков продукции для железнодорожного транспорта. Это вызывает необходимость развития систем обучения на предприятиях железной дороги и предприятиях-смежниках, внедрения современных форм и методов обучения, формирования мотивации работников и руководителей к обеспечению результативности внутрифирменного обучения.

Резюмирую, что за системой целевого обучение стоит будущее, так как данная система позволяет спланировать человеческие ресурсы, позволяет подготавливать высококвалифицированных и компетентных работников, тем самым благоприятно влияет на экономику страны в целом.

Внедрение процессов «бережливого производства» на отечественных предприятиях машиностроения и приборостроения

Воронин П.А.
Научный руководитель – к.т.н. Луценко А.В.
МАИ, каф. УИ
heyholyrampage@yandex.ru

В последнее время в России активно обсуждается тема бережливого производства. Однако, как водится, в основном до широкой публики доходит самая упрощенная —

инструментальная — трактовка этой концепции: «Бережливое производство — перечень мероприятий по устранению потерь в потоке…».

Надо отметить, что вопросы внедрения бережливого производства остаются открытыми. В данной статье авторы ставят задачу показать основные методы бережливого производства, причем сразу хочется отметить, что мнение формируется на основании прочтенных нормативных документов, а также некоторой дополнительной литературы, поэтому оно может расходиться с мнением сторонников этого направления.

В первую очередь, хочется отметить, что различаются механизмы ценообразования на отечественных предприятиях и там, где применяется метод бережливого производства.

В настоящее время в России действует механизм ценообразования, определенный учетной политикой предприятия, правилами бухгалтерского учета и законом о ценообразовании.

В концепции бережливого производства считается, что есть затраты, которые добавляют ценность продукции (цена комплектующих, материалов, трудоемкость изготовления продукции), затраты, которые присутствуют, но их нельзя исключить (например, выписывая требования для получения продукции с центральных складов мы не добавляем ценности, но обязаны выполнять эти действия в силу требований законодательства). Всю остальную группу составляют затраты, именуемые потерями (к таким потерям можно отнести брак на изготовление продукции, неправильно принятые решения и т.д.).

Основные методы бережливого производства и польза от их внедрения:

1. Организация рабочего пространства (5S) - Визуализация проблем, обнаружение отклонений от планов производства, качества
2. Решение вопросов непосредственно на рабочем месте - Немедленное внимание к месту, где обнаружена проблема. Быстрое решение вопросов и организация взаимодействия подразделений
3. Поиск «узких мест» - Производится выявление проблемных мест, осуществляется поиск решений до поступления проблемы
4. Метод частичной автоматизации оборудования - Увеличение удельного веса нового оборудования с числовым программным управлением, уменьшение затрат на изготовление продукции и повышение ее качества
5. «Точно в срок» - Способ снижения запасов материалов, готовых изделий, размеров занимаемых складских площадей. Этот метод также улучшает поток движения денежных средств
6. Постоянное улучшение - Составление планов и исполнение организационно-технических мероприятий приводят к снижению затрат, улучшению качества продукции, улучшению условий труда

Как вывод, хочется отметить, что вероятно от появления новых нормативных документов по бережливому производству механизмы ценообразования не поменяются, поэтому предлагаем задачу изучения и внедрения методов бережливого производства трактовать следующим образом – необходимо заниматься поиском механизмов по снижению непроизводительных затрат, это задача руководителей всех структурных подразделений промышленных предприятий.

Вовлеченность персонала как один из важнейших факторов повышения результативности деятельности организации

Галаган В.С.
Научный руководитель – профессор, к.э.н. Губанова С.Е.
МАИ, каф. ПМ

Ключ к повышению результативностидеятельности организации лежит в понимании и разделении сотрудниками целей и базовых ценностей организации и их качественной деятельности, направленной на достижение этих целей.

Вовлеченность сотрудника проявляется в его физическом, эмоциональном и интеллектуальном желании выполнять работу как можно лучше. То есть, человеку интересны и задача, и результат деятельности, им движет не страх, а любопытство.

Признаки вовлеченного сотрудника:

– рекомендует организацию в качестве работодателя;

– прилагает дополнительные усилия по улучшению качества работы, развитию и обучению;

– выполняет действия, выходящие за рамки своего функционала.

На вовлеченность каждого сотрудника влияет множество факторов. Эти факторы могут снижать или, при грамотном управлении, повышать вовлеченность, позволяя достигать высоких технико-экономических показателей.

Основополагающими факторами, влияющими на вовлеченность сотрудников, являются:

– политика компании;

– организационный климат;

– эффективность организации труда;

– возможность самореализации, обучения и развития.

Для поддержания вовлеченности сотрудников целесообразно:

– проводить корпоративные мероприятия, поощрять коллективы походами в кино, театр, боулинг и т.д.;

– интересоваться нерабочей стороной жизни подчиненного, поздравлять с праздниками и важными датами;

– выстраивать систему мотивации, основываясь на объективных показателях, прозрачных и понятныхкритериев начисления переменной части;

– регулярно предоставлять обратную связь сотрудникам по результатам работы;

– организовать систему обучения сотрудников, начинающуюся с первого рабочего дня (программа адаптации) и продолжающуюся на всех этапах его деятельности в организации (программа обучения и развития, программа кадрового резерва);

– предоставить возможности для самообучения;

– проводить конкурсы на звание «Лучшего по профессии», «Лучшего подразделения» и т.д.

– разработать формы благодарности сотрудников за достижения.

Ряд современных исследований показывает, что вовлеченность имеет корреляцию срезультатами деятельности бизнеса. Совокупный доход акционеров, прибыль, производительность труда и удовлетворенность потребителей в организациях, где трудятся вовлеченные сотрудники – выше.

Организации, в составе которых работают квалифицированный и вовлеченный персонал, способны достигать уникальных результатов, формирующих качественную и полезную среду.

Оценка кинетики систематических рисков на примере предприятия авиационной отрасли

Григорьева А.Р.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Калошина М.Н.
МАИ, каф. 508
zakurdaeva.zak@yandex.ru

Согласно отчётности Группы "Аэрофлот" за 2014 год авиакомпания зафиксировала убытки в 15 700 млн. рублей от операций хеджирования рисков. А также60 400 млн. рублей временной переоценки справедливой стоимости. Данные факты хозяйственной деятельности "Аэрофлот" в системе с курсовыми разницами привели к лишению собственного капитала. Собственный капитал Группы на 31 декабря 2014 составил минус 13 505 млн. рублей, когда на 31 декабря 2013 он был зафиксирован на уровне 54 480 млн. рублей.

В 2014 году Группа застраховалась с использованием деривативов от следующих системных рисков:

– процентного, возникающего по лизингу самолетов при изменчивых процентных ставках;

– валютного, возникающего при расчете за поставленные самолеты и уплате лизинговых платежей;

– топливного, возникающего при повышении стоимости топлива из-за роста цены на нефтяной ресурс.

Параметры производственных финансовых инструментов Группа "Аэрофлот" в отчетности не раскрыла. Но судя по опубликованным данным в отчетности, которые рассмотрены выше, система комплексного хеджирования, использованная Группой в 2014 году, не эффективна. Авиакомпания "Аэрофлот" потерпела уменьшение своей рыночной стоимости в 531 млн. рублей, по сравнению с прошлым годом.

Ситуация на рынке благоприятствовала срочным сделкам по страхованию от рисков. В статье рассматриваются следующие стратегии страхования рисков:

- валютные опционы увязать во времени и объёме с топливными опционами;
- при хеджировании учесть интервал колебания курса;
- применить срочные контракты на покупку валюты (вероятные убытки/выгоды делятся между сторонами поровну);
- продать опцион put (если есть такой в наличии) от риска колебания цены на топливо, а также приобрести фьючерсный контракт или опцион call.

Это позволило бы авиакомпании "Аэрофлот" избавиться от рассмотренных в статье рисков.

Прогнозирование потребности мирового рынка в авиадвигателях российского производства

Гусаков А.Г.
Научный руководитель –доцент, к.т.н. Тихонов А.И.
МАИ, каф. 501
adexter94@mail.ru

Цель данной работы кроется в формирование современного и своевременного прогноза потребности мирового рынка авиадвигателей в продукции российского производства, выпускаемой АО "Объединённая двигателестроительная корпорация».

Достижению выше поставленной цели способствует решение следующих задач:

- Необходимость анализа АО «Объединённая двигателестроительная корпорация»
- Необходимость оценки доли рынка в каждом рассматриваемом сегменте
- Необходимость в оценке конкурентоспособности отечественной продукции на мировом рынке авиадвигателей
- Необходимость в изучение основных способов прогнозирования спроса на сложную технику
- Необходимость формирования прогноза потребности мирового рынка в продукции АО «Объединённая двигателестроительная корпорация».

В работе рассмотрены современные методы прогнозирования спроса на авиадвигатели, а именно: методы прогнозирования потребности в авиадвигателях, непосредственное моделирование выбора заказчиков, основанные на моделировании на ЭВМ процессов эксплуатации и воспроизводства парков ВС и авиадвигателей, имитационная модель.

Прогноз спроса на продукцию невозможен без прогноза конкурентоспособности продукции. Для формирования прогноза спроса, необходимо выяснить, будет ли продукция конкурентоспособна на рынке в будущем, сможет ли она на нем закрепиться? Имеются ли перспективы для развития? Ответы на данные вопросы были получены путем проведения маркетингового анализа рынка продукции «Объединенная двигателестроительная корпорация».

Алгоритм имитационной модели, рассмотренный в данной работе является одним из вариантов методов системной динамики, преимущества которого заключаются в наглядности модели и возможности оперирования с обычными дифференциальными моделями первого порядка, учитывать начальное состояние системы (распределение наработок на начало прогнозирования), определять ресурсное состояние парка ВС и потребности в авиадвигателях в любой календарный момент времени.

Как результат работы представлен прогноз спроса на продукцию АО «Объединенная двигателестроительная корпорация». Практическая значимость данного исследования заключается в том, что, спрогнозировав спрос на продукцию двигателестроения, можно увеличить уровень присутствия на мировом рынке и внедрить различные системы в спланированное производство. Прогнозирование спроса – первый и ключевой шаг процесса планирования производства и последующих продаж.

Актуальность развития бизнес-инфраструктуры для промышленных предприятий на территории Московской области

Даньшина П.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Романишина Т.С.
МАИ, каф. 510Б
polinka.danshina@yandex.ru

Актуальность исследования инфраструктурного потенциала в большей степени относится к разработке стратегических планов и программ развития, направленных на промышленные отрасли. Инфраструктурный промышленный потенциал дает возможность сформировать стабильную социально-экономическую систему области, неуязвимую к кризисным явлениям и легко приспосабливающуюся к реорганизации внешней среды.

Термин «бизнес-инфраструктура» включает в себя комплекс взаимосвязанных организаций, мероприятий, коммуникаций, составляющие промышленную отрасль, призванный создавать необходимые благоприятные условия для нормального ведения хозяйственной деятельности предприятий, отраслей материального производства и объектов непроизводственной сферы.

Подмосковье - один из самых интересных регионов с точки ведения бизнеса. В настоящее время в связи с изменением административно-территориального устройства Московской области, изжившей себя бизнес-инфраструктурой и поправками в законодательстве о промышленной политике Подмосковья, необходима разработка и реализация новой модели оценки комфортности бизнес-среды для промышленных предприятий региона, где ведущую роль играет отрасль машиностроения. Органы власти выступают гарантом развития региональной промышленности, – стабильно утверждают целевые программы; создают техно- и индустриальные парки, особые экономические зоны и промышленные кластеры, а также повышают инвестиционную привлекательность региона.

Однако в период кризисных и застойных экономических циклов экономики не стоит делать упор только на инвестиционную привлекательность региона. Привлечение новых инвесторов должно осуществляться наравне с работой по формированию условий комфортного развития уже действующих производственных площадок. Уровень достигнутого комфорта ведения бизнес-процессов на территории определяет будущие изменения и развитие уже действующих в регионе площадок, с возможностью их перехода в новые качественные и масштабные индустриальные проекты инвестиционного характера.

Система методов развития бизнес-инфраструктуры в экономике Московской области носит авторский характер и призвана помочь осуществить базовую оценку сильных и слабых сторон функционирования производственных предприятий на конкретной действующей промышленной территории.

Практическая значимость исследования состоит в том, что результаты настоящего исследования могут быть представлены в деятельности органов муниципальной власти, а также при подготовке бизнес-проектов по реализации задач развития и реорганизации

действующих промышленных предприятий. Расширение масштабов освоения и использования космического пространства в настоящее время стало одной из ведущих мировых тенденций. Следовательно, аэрокосмический комплекс может развиваться и на территории Подмосковья, выпускать запасные части и оборонные комплектующие, а также технологические узлы для подотрасли двигателестроения. Развитие аэрокосмического комплекса позволит сохранить промышленный, научный и кадровый потенциал машиностроительной отрасли, являющейся национальным достоянием.

Проблемы коммерциализации дистанционного зондирования Земли в Российской Федерации

Дацюк М.М.
Научный руководитель – ст. преподаватель Прохорова Е.П.
МАИ, каф.509
mar.datsyuk@yandex.ru

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) уже давно представляют собой незаменимый инструмент изучения и постоянного мониторинга нашей планеты, способствующий эффективному использованию и управлению ее ресурсами. Современное развитие технологий ДЗЗ расширяет сферы их применения, охватывая все стороны нашей жизни, включая дом и семью. Существует несколько направлений для коммерциализации дистанционного зондирования:

– продажа готовых информационных продуктов на основе данных с собственных спутниковых группировок;

– перепродажа данных с зарубежных спутников;

– продажа наземной инфраструктуры для приема и обработки данных;

– продажа программного обеспечения;

Несмотря на то, что отечественный рынок уже сейчас показывает достаточно высокие темпы роста, его доля на мировом рынке составляет всего 3-5%. Причиной такого положения можно назвать ряд проблем:

– существенное отставание в технических характеристиках как отечественных спутников, так и наземных станций приема;

– отсутствие готовых тематических продуктов для узких сегментов рынка;

– законодательные ограничения на распространение снимков сверхвысокого разрешения;

– фундаментальные проблемы финансирования отрасли;

– практически полное отсутствие на рынке принципов рыночной экономики;

В данной работе был проведен широкий анализ основных существующих проблем на рынке ДЗЗ, были сформулированы и предложены возможные пути их решения:

– изменение механизмов финансирования и организационной деятельности на государственных предприятиях, и их переориентация на рыночные принципы реализации деятельности;

– увеличение доли коммерческих компаний при решении социально-экономических и военно-оборонных задач;

– снижение ресурсоемкости проектов в области ДЗЗ за счет повышения эффективности технических средств;

– применение low-cost технологий;

– создание узко-профильных проектов, способных удовлетворить нужды узких сегментов рынка;

– разработка нормативно-правового обеспечения и иных элементов инфраструктуры для развития коммерциализации и спроса на результаты деятельности в области ДЗЗ в России.

Стоит отметить, что устойчивое внедрение новых принципов функционирования всей отрасли, является единственным ключом к стабильному развитию российского рынка дистанционного зондирования Земли.

Разработка концептуальной моделисистемы управления на примере предприятия авиационной промышленности

Дмитриев Р.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Афанасьева О.А.
МАИ, каф. 504
romashaydmitriev@mail.ru

В современных макроэкономических и геополитических условиях российские предприятия авиационной промышленности, выполняющие стратегически важные для государства задачи, такие как разработка, производство, модернизация, ремонт, сервисное обслуживание и утилизация авиационной техники, средств наземного обеспечения полетов авиации, вооружения и военной техники ПВО, стоят перед необходимостью повышения эффективности своей деятельности при ограниченности ресурсов.

Успешное решение данной задачи невозможно без применения эффективной системы управления, отвечающей не только текущим потребностям, но и перспективам развития. Эффективной является система управления, способная обеспечить реализацию стратегии, в том числе за счет оптимальной организационно-функциональной структуры, поддержанной современными прикладными информационными системами и информационно-вычислительной инфраструктурой.

Эффективность системы управления достигается согласованным функционированием и взаимодействием трех уровней управления – стратегического, управления бизнес – моделью и оперативного, поддержанными необходимыми методологиями и современными информационными технологиями.

На уровне стратегического управления определяются основные цели предприятия на текущем этапе развития и пути их достижения с учётом происходящих и прогнозируемых изменений во внешней среде, а также обеспечивается поддержание разработанных целей в актуальном состоянии. В качестве методологической базы формирования системы целеполагания предлагается использовать методику сбалансированных показателей (Balanced Scorecard), обеспечивающую возможность координации различных уровней управления предприятия на основе ключевых показателей деятельности (КПД).

На уровне управления бизнес-моделью разрабатываются принципы организации деятельности (с учётом возможностей, предоставляемых внешней средой, и накладываемых ею ограничений), определяются цели и действия по ключевым направлениям, согласованные с общей стратегией. Основные принципы создания, развития и эффективной организации функционирования предприятия описываются в разрезе следующих областей: потребительские сегменты, продуктовая линейка (результаты деятельности предприятия авиационной промышленности), каналы сбыта продуктов, взаимоотношения с клиентами, ключевые ресурсы, ключевые виды деятельности, ключевые партнеры, финансы (потоки поступления доходов, структура издержек).

На уровне операционного управления проектируются бизнес-процессы и организационная структура предприятия, разрабатываются инструменты оценки эффективности бизнес-процессов, подразделений и сотрудников исходя из общей и функциональных стратегий развития предприятия. Среди задач, решаемых прикладными информационными системами, необходимо выделить автоматизацию бизнес-процессов, а также формирование и контроль системы целей и показателей их достижения.

Таким образом, разработка и внедрение системы управления, обеспечивающей достижение целей на каждом уровне управления и их координацию, является необходимым условием для рационального позиционирования предприятия авиационной промышленности во внешней среде и оптимальной организации его деятельности.

Концепция синергетического подхода к инновационному менеджменту на современных предприятиях

Ежов А.С.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Романишина Т.С.
МАИ, каф. 510Б
ayezhov@yandex.ru

В статье освещена мысль о структуре инновационного управления в российских инновационных предприятиях, а также проблематика подготовки субъектов управленческой деятельности. Проведено исследование и дано описание системы инновационного управления, являющейся результатом трансформации субъектов управленческой деятельности с позиции качественного развития человеческого капитала, на основе эволюционно-синергетической парадигмы. В качестве основных задач были выдвинуты следующие направления исследования: определение роли синергетического менеджмента в инновационном предприятии и типы субъектов управленческой деятельности; вариативность стратегий жизнедеятельности управленцев в зависимости от разработанной типологии; изучение процесса эволюционно-синергетической трансформации управленца, в период работы в инновационном предприятии.

В инновационном предприятии «вертикаль» требует замены на более органические модели и нелинейный путь мышления, позволяющих создать атмосферу раскрытия творческих способностей сотрудников предприятия, направленной на генерирование инновационных идей и проектов. В основе синергетического подхода к инновационному менеджменту лежат следующие постулаты: 1. Инновационное предприятие – это сложная система, имеющая схожие характеристики с живыми организмами. 2. Инновационное предприятие – это сложная постоянно изменяющаяся система, предсказать результат изменений которой, не представляется возможным. 3. Приоритетными являются изменения, исходящие изнутри инновационного предприятия. 4. Изменения, возникающие эволюционным путем способствуют самоорганизации инновационного предприятия. 5. Задача подхода к управлению инновационным предприятием формулируется следующим: не «что нужно сделать», а «какими нужно стать». В основе подхода лежит понимание, что живые системы нельзя комплектовать, собирать как кубики, их нужно выращивать – естественным, эволюционным путем.

Процесс эволюционно-синергетической трансформации управленца происходит путем прохождения цикла принятия решения, и направлен на изменение его текущей позиции. Цикл принятия решения содержит шесть этапов, выраженных в процессах, привнесенных или инициируемых субъектом управленческой деятельности. Среди данных этапов можно выделить – «позиционирование», «проектирование», «целеполагание», «натурализация», «рефлексия», «трансформация».С учетом, формирования общего представления о процессе трансформации, предложено описание следующих типов управленцев, разделенных по уровням принимаемых решений: «исполнители», «администраторы», «предприниматели», «лидеры», «творцы».

Данное исследование может служить основой для совершенствования управленческой структуры в отечественных инновационных компаниях промышленного типа, путем внедрения синергетической модели управления.

Актуальность нормирования труда предприятий аэрокосмического комплекса

Ерошина Р. Н.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Подвербных О.Е.
СибГАУ, каф. ЭТиУП
regina_eroshina@mail.ru

Переход к рыночной экономике стало востребованным создать именно такие условия, в которых руководство любой организации было бы заинтересованно в рациональном использовании всех имеющихся ресурсов, особенно трудовых, и снижении на этой основе издержек производства.

Организации аэрокосмического комплекса имеют свою специфику деятельности, цели и задачи, поставленные перед руководством. Создание новой продукции, либо совершенствование новой, разработка конструкций – все это имеет свою трудоемкость, которая, в настоящее время влияет на нормирование научно-исследовательского труда.

Управлять затратами труда неэффективно без системы нормирования. Разработанные нормы трудовых затрат в полной мере может выполнять роль меры и труда и органично присущие им функции, в том числе быть инструментом обеспечения экономических и социальных интересов.

Нормирование труда представляет собой составную часть (функцию) управления производством и включает в себя определение необходимости затрат труда (времени) на выполнение работ (изготовление единицы продукции) отдельными работниками (бригадами) и установление на этой основе норм труда.

Универсальным измерителем количества труда, затраченного на выполнение той или иной работы, является рабочее время. Поэтому нормы труда определяются через количество рабочего времени, необходимого для выполнения определенной работы или через объем работы, который должен быть выполнен в единицу времени.

Если рассматривать аэрокосмическую отрасль, то универсальным измерителем труда является трудоемкость работы проектировщиков, научных сотрудников. При внедрении эффективной системы нормирования труда, позволит выявить факт затрат в норма-часах, который позволит контролировать процесс создания новой продукции, а также произвести более точный анализ по плановым и фактическим показателям.

Таким образом, в статье была отмечена актуальность и важность нормирования труда на предприятиях аэрокосмической отрасли.

Использование коэффициента привлечения для повышения эффективности сбыта продукции производственным предприятием

Жадик Д.А.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Арсеньева Н.В.
МАИ, каф. ПМ
d.zhadik@gmail.com

В современной экономике под влиянием множества факторов возникает трудность определения степень влияния каждого из них на продуктивность работы отдела сбыта продукции предприятия или конкретного подразделения (филиала). В том числе и в процессе проведения различных выставок, которые проводятся для демонстрации возможностей или продукции предприятия, повышения узнаваемости организации на рынке, привлечения потенциальных клиентов, и, как результат – заключения договора о сотрудничестве.

Во многих случаях сложно определить какое количество потенциальной прибыли может получать организация за счет грамотной работы менеджеров отдела сбыта.В случае организации выставочных пространств можно использовать Коэффициент привлечения, который определяется как количество вошедших (клиентов в случае розничной торговли, или же делегаций от потенциальной партнерской организации в шт) к количеству заключенных договоров (или к количествуначатых переговоров), умноженное на сто процентов.

Такая формула позволяет без сложных вычислений и моделей, а главное, основываясь на реальных цифрах понять, целесообразность участия предприятия в меропрятиях такого типа, а так же качества работы конкретных менеджеров по продажам.

Данный показатель в различных сферах и отраслях может заметно отличаться, от минимального в случае использования организацией, например, холодных звонков, так и приближаться к 100% в случае работы с готовыми к сделке организациями на рынке с малым количеством комапаний в отрасли.

Коэфициент привлечения в основном зависит от действий и грамотности менеджеров по продажам, работающих на выставке (или торговой точке, филиале). Так же немаловажным является информативное сопровождение, оформление, комфорт,

имидж организации. Можно выделить основные аспекты, влияющие на коэффициент привлечения. Важность и наличие каждого из аспектов определяется спецификой работы организации. Приведем основные из них:

1. Квалификация менеджеров по продажам.
2. Количество менеджеров на точке и их загруженность.
3. Информативное и рекламное сопровождение.
4. Ассортимент и качество выставочных образцов.
5. Цена продукции.
6. Комфорт для потенциального клиента (температура, музыка, шумы, кресла и т.д.).

Разработка мероприятий по улучшению показателей производственного плана авиационного предприятия

Звягинцева И.И
Научный руководитель –доцент, к.э.н. Зуева Т.И.
МАИ, каф. 505
irel-ka@nxt.ru, t-zueva@list.ru

Центральное место среди всех функций управления предприятием занимает планирование. Оперативное планирование является завершающим звеном плановой работы на предприятии и включает совокупность объемных и календарно-нормативных расчетов и задач по организации функционирования подразделений основного производства. При выборе той или иной системы оперативного планирования необходимо учитывать характер выпускаемой продукции и тип производства. Авиационные предприятия предполагают наличие опытного производства, для которого характерны:

– сложность изготавливаемых деталей с точки зрения их конструктивно-технологических характеристик;

– необходимость внесения изменений в процесс изготовления продукции в течение года;

– ограниченность пропускной способности рабочих мест, обусловленная нехваткой рабочих нужных профессий и квалификаций;

– сложность взаимосвязей организационно-технологической структуры (разнообразие маршрутов обработки деталей, наличие возвратов и др.)

Особенность планирования опытного производства в том, что оно помимо формального принятия решений (при помощи особых методов) использует принятие решений интуитивное, основанное на опыте руководства, а также на совокупности индивидуальных качеств, таких как: инстинкт, находчивость, творческие способности и прочие. Интуитивное планирование можно успешно сочетать с формальным планированием, а в некоторых случаях оно оказывается даже более эффективным, потому что рыночная экономика – это сочетание неповторимых, уникальных обстоятельств. Анализ выполнения производственного плана авиационного предприятия показал, что динамика основных показателей производственного плана в последние несколько лет изменилась не в лучшую сторону. В связи с этим, в работе была проведена идентификация и оценка возможных рисков при выполнении производственного плана предприятия. На основании данных оценки,полученной в ходе анкетного опроса экспертов, была построена первичная карта рисков, которая выявила критические риски, последствия, от наступления которых необходимо минимизировать. Для улучшения показателей производственного плана в данной работе были предложены к проведению следующие мероприятия по снижению уровня влияния критических рисков:

1. определение приоритетности заказов;
2. усиление подразделений квалифицированными специалистами;
3. предоставление планово-производственному отделу укрупненных графиков работ подразделений по направлениям деятельности;
4. назначение ответственных лиц по ведению план-отчетов в каждом отделе и цехе.

Эффективность реализации данных мероприятий была оценена с помощью вторичной карты рисков, построенной после осуществления предложенных мероприятий. В результате управляющих воздействий было достигнуто перемещение критических рисков в зону умеренного риска. Это подтвердило эффективность управления рисками, результаты в области социальной эффективности были подтверждены с помощью метода интервью.

Повышение конкурентоспособности аэрокосмических предприятий

Иванов В.Н.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Зубеева Е.В.
МАИ, каф. ФМ
ivitaly382@gmail.com

До сих пор космос является самым неизвестным и малоизведанным местом для человечества. Его покорение и изучение всегда тяготило людей на протяжении многих лет еще до пребывания первого человека в космосе. Годами лучшие умы мира создавали технологии и устройства для проведения исследований на внеземные формы жизни. На сегодняшний день пока нельзя сказать о каких-то значительных изменениях в деятельности космонавтики, поскольку космос изучен менее чем на 1%, что крайне мало.

Значение аэрокосмических предприятий довольно велико в двадцать первом веке, это столетие технологических открытий, новшеств и прогресса. С каждым годом технологий становится больше, но это не означает, что они изменят сферу космонавтики в целом.

В ближайшем будущем Россия может стать монополистом в космической отрасли, так как Роскосмос поставил под сомнение вопрос о продлении контрактов с NASA и Европейским космическим агентством о полетах к МКС. Это может повысить конкурентоспособность нашей страны, поскольку полеты производятся на российских кораблях и после истечении контрактов, страны, которые имели возможности полетов в космос с Россией, лишаться их. Это станет началом новой гонки в сфере космонавтики, поскольку на данный момент времени нет таких стран которые могут конкурировать с Россией в полной мере. В эту гонку включатся рад развитых европейских стран, США и Китай. Новые технологии не заставят себя ждать. В результате этого, России понадобиться координально менять свою политику в сфере аэрокосмонавтики, потому что страны конкуренты будут догонять по исследованиям и технологиям, а также делать открытия, которые смогут затмить Россию как ведущую страну в сфере космонавтики. Это может случиться если произойдет застой в исследованиях, потому что ошибочно считать что если есть всё, то уже не стоит делать никаких открытий и подвижек в этой сфере. Отсутствие стран конкурентов может пагубно отразится на развитии отрасли.

Перспективы развития космодрома «Восточный»

Карбовская В.В.
Научный руководитель – ст. преподаватель Прохорова Е.П.
МАИ, каф. 509
valerika.95@yandex.ru

Целью данной работы является изучение перспектив технического и экономического развития космодрома «Восточный», созданного с целью осуществления независимой от других стран космической деятельности Российской Федерации по всем направлениям, включая пилотируемые полеты. Он обеспечит гарантированный доступ в космическое пространство со своей территории во всем спектре задач научного, социально-экономического и двойного назначения.

Местоположение и современная инфраструктура космодрома «Восточный» позволяют выводить больше полезной нагрузки, чем с космодрома «Байконур», что поспособствует в будущем времени отказаться от аренды территории Казахстана.

В перспективе развития космодрома:

- создание общепромышленной инфраструктуры в Дальневосточном регионе для устойчивого функционирования космодрома;
- создание морского спасательного комплекса ПКК (пилотируемый космический комплекс) и постоянного места его базирования;
- с точки зрения коммерциализации наземной космической инфраструктуры (НКИ) участие коммерческих организаций, в том числе зарубежных, поможет в создании обеспечивающей инфраструктуры «Восточного» в условиях отсутствия гарантий со стороны государственных структур;
- расширение возможности запуска коммерческих космических аппаратов (КА);
- создание основы для новых космических проектов (например, пилотируемые проекты).

При грамотном развитии космодром «Восточный» позволит РФ закрепить за собой первенство на международной космической арене.

Совершенствование метода анализа финансово-экономической устойчивости для предоставления финансовой поддержки производственным предприятиям

Квашенникова О.М.
Научный руководитель – доцент, к.э.н.Лютер Е.В.
МАИ, каф.502
olgakv0592@mail.ru

Привлечение денежных средств в промышленный сектор является актуальным для современной российской экономики. Без этого практически невозможна модернизация производственных предприятий. Одним из инструментов государственного стимулирования инвестиционных процессов являются государственные программы, например в рамках программы РФ "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности", бюджет которой на 2016 год составляет 156 635 400,2 тыс. руб, действует программа «Фонд развития промышленности». Фонд на конкурсной основе предоставляет целевые займы по ставке 5% годовых сроком до 7 лет в объеме от 50 до 500 млн. рублей, стимулируя приток прямых инвестиций в реальный сектор экономики.Стоит отметить, что программа распространяется на предприятия в соответствии с перечнем отраслевых направлений, в рамках которых возможно получение финансовой поддержки «Фонда развития промышленности» на реализацию инвестиционных проектов. Статистика профинансированных проектов отражает тот факт, что в 2016 году финансирование проектов составило 15,12 млрд. руб., в т.ч. отрасль машиностроение получила 10,85 млрд. руб. на основании реализации 4 программ: «Проекты развития», «Проекты консорциумов», «Программа станкозамещения», а также «Лизинговые проекты».

Под финансово-экономической устойчивостью (далее – ФЭУ) мы понимаем бесперебойный процесс производства и реализация продукции предприятия, зависящие от степени сохранения достаточной платежеспособности, ликвидности, рентабельности, деловой активности.Таким образом, главное свойство ФЭУ- способность сопротивляться системе негативных факторов, сохраняя структурную целостность и возможность продолжения основной деятельности. ФЭУ промышленного предприятия должна давать оценку взаимосвязи финансовой, производственно-технологической, маркетинговой, организационно-управленческой и социальной деятельностей, которые обеспечат бесперебойное получение прибыли независимо от действия дестабилизирующих факторов внешней среды. После проведения анализа методов ФЭУ для предоставления финансовой поддержки, можно сделать вывод о том, что наиболее часто используются показатели, предназначенные для финансового анализа. Например, методика постановления Правительства №825 от 14.08 2012 "О порядке предоставления государственных гарантий РФ по кредитам либо облигационным займам, привлекаемым юридическими лицами на цели, установленные Правительством РФ в рамках мер, направленных на повышение устойчивости экономического развития при ухудшении ситуации на финансовых

рынках"характеризует ФЭУ предприятия по следующим показателям: стоимость чистых активов, коэффициент покрытия основных средств собственными средствами, коэффициент текущей ликвидности, рентабельность продаж, норма чистой прибыли. Методику следует дополнить такими аспектами, как размер инвестиций в экономику помимо займа, количество созданных рабочих мест, налоговая нагрузка. Стоит особо обратить внимание на то, что государственная казна в большей степени состоит из налоговых поступлений и отчислений. Размер налоговой нагрузкой определяется суммой обязательств предприятия перед государством, которая соизмеряется в денежном эквиваленте и включает в себя все начисленные взносы в бюджет за определенный промежуток времени. Совершенствование существующих методик даст возможность оценить не только финансовую устойчивость производственных предприятий, но и экономическую устойчивость на федеральном, региональном, муниципальном уровнях.

Совершенствование производственной базы авиационного предприятия

Кирсанова Н.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Тарасова Н.В.
МАИ, каф. ПМ
kirsanovanatalya@list.ru

Отечественное машиностроение является ведущей отраслью промышленности.

В настоящее время средний возраст оборудования, используемого на российских машиностроительных предприятиях, составляет около 20 лет, а доля оборудования старше 20 лет превышает 40%. Поэтому возникла существенная потребность в обновлении основных фондов, используемых на предприятиях. Однако неуклонное старение инженерных и производственных кадров и недостаточный уровень инновационного развития российского машиностроения заметно осложняют проведение работ по модернизации, выполнение которых обеспечит повышение рентабельности предприятий и конкурентоспособности выпускаемой продукции, что в дальнейшем скажется на потребительском спросе и, в конечном итоге, обеспечит улучшение финансовых результатов хозяйственной деятельности.

Введению в эксплуатацию нового высокотехнологичного оборудования должно сопутствовать привлечение специалистов, имеющих соответствующую квалификацию. Замена технологического оборудования на машиностроительных предприятиях, прежде всего, осуществляется с целью сокращения продолжительности производственного цикла, экономии затрат на сырье и электроэнергию, высвобождения персонала и производственных площадей. Все эти факторы положительно сказываются на себестоимости продукции, что обеспечивает возможность в будущем окупить финансовые вложения, а модернизация оборудования способствует продвижению выпускаемой продукции на рынок, делая ее более конкурентоспособной.

На сегодняшний день существуют различные государственные программы, за счет которых финансируются проекты обновления имеющейся производственной базы промышленных предприятий.

Фонд развития промышленности был создан в 2014 г. в результате преобразования Российского Фонда технологического развития для поддержки проектов российских промышленных предприятий, направленных на модернизацию имеющейся и создание новой производственной базы предприятий, в том числе в рамках государственной программы импортозамещения. Фонд предлагает льготные условия софинансирования проектов, направленных на разработку новой высокотехнологичной продукции, техническое перевооружение и создание конкурентоспособных производств.

В настоящее время с участием Фонда развития промышленности финансируется проект ОАО «Авиационная корпорация «Рубин», направленный на освоение производства современных комплектующих изделий для авиационной техники. Льготный заем в сумме 300 млн руб. был одобрен экспертным советом Фонда. Общая стоимость проекта составляет порядка 2 млрд руб. Данный проект предполагает оснащение нового

производственного цеха современным высокотехнологичным оборудованием для производства привод-генераторов переменного тока и плунжерных насосов, применяемых в авиационной и ракетно-космической технике. На российском и международном рынке привод-генераторов и плунжерных насосов конкуренты у корпорации «Рубин» отсутствуют. Потребителями данной продукции являются производители гражданских самолетов, в том числе SSJ-100, МС-21, Ту-214, а также вертолетов.

В ходе реализации данного проекта будет создано 150 высокотехнологичных рабочих мест, что будет способствовать обеспечению бесперебойной работы производства и улучшению финансово-экономических показателей деятельности корпорации.

Анализ научно-технической политики РФ и специфика ее направленности

Еремина А.Ю., Кладос А.Д.
Научный руководитель – к.с.н. Воронина Н.Ф.
Филиал «Стрела» МАИ, каф. С18
artem.klados@yandex.ru

Для успешного развития промышленности и экономики страны очень важно вносить нововведения в производства, для того, чтобы улучшать производительность и качество выпуска товаров и услуг. Этому способствует грамотная государственная научно-техническая политика, которая, оказывая поддержку научным отраслям, приводит к достижению новых открытий в различных технических сферах.

Государственная научно-техническая политика- это система методов, обеспечивающих комплексное развитие отраслей науки и техники, благодаря которым вносятся новаторские изменения в экономику страны. Основными целями государственной научно-технической политики являются грамотные инвестиции, которые способствуют развитию научных отраслей, эффективное использование научно-технического потенциала, снабжение необходимыми преобразованиями сферу производства, повышение качества производимой продукции, защита информационных ресурсов страны и обеспечение ее обороноспособности, увеличение взаимосвязи образования с наукой.

Существует огромное количество направлений в научно-технической политике государства. Направления определяются с помощью анализа состояния эффективности общественного научно-воспроизводственного процесса, степенью вхождения государственной экономики в мировое хозяйство. Зависят направления от экономической устойчивости страны, от характерных качеств экономики, состояния и взаимосвязей промышленной политики государства.

В России определение основных направлений научно-технической политики осуществляется в условиях гласности, с использованием различных общественных обсуждений, конкурсов и экспертиз. Научно-техническая политика в отношении отраслей разрабатывается и воспроизводится органами исполнительной власти с вовлечением хозяйствующих субъектов и их объединений с учетом единой государственной научно-технической политики. Научно-техническая политика субъектов РФ создается и проводится при взаимодействии органов государственной власти и органов государственной власти субъектов РФ.

Проведенный анализ недостатков и путей их решения в Российской государственной научно-технической политике позволил выявить нахождение нарушений экономических пропорций и научных процессов, которые вызывают негативные деформации в производстве. Данную проблему можно исправить с помощью достаточного обеспечения государства необходимым сырьем и материалами, продовольствием и энергией, созданием здоровой экологической среды, условий для качественного использования научно-технологического потенциала.

Роль и место корпоративной социальной ответственности в организациях аэрокосмической сферы (на примере ПАО «Аэрофлот»)

Комиссарова Е.Д., Сорокина С.А.
Научный руководитель – к.с.н. Воронина Н.Ф.
МАИ «Стрела», каф. С–18
katerina.komissarova@mail.ru

В современных условиях происходит переосмысление роли бизнеса в обществе в связи с обострением экономических, экологических и социальных проблем. На смену традиционному восприятию бизнеса как деятельности, которая нацелена на получение экономической выгоды, приходит понимание его значения для решения широкого круга социальных проблем. Концепция внедрения корпоративной социальной ответственности (далее КСО), а также ее влияние на состояние компаний год от года становится все более актуальной темой, таким образом, заслуживая пристального внимания. Согласно стандарту ISO 26000 «Руководство по социальной ответственности» КСО – это ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение, которое:

– содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;

– учитывает ожидания заинтересованных сторон;

– соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;

– интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях.

В данной работе рассмотрено применение КСО и ее влияние на развитие ПАО «Аэрофлот». Группа «Аэрофлот», являясь крупнейшей авиакомпанией России, играет важную роль в развитие экономики страны, общества, обеспечивая транспортную доступность российских регионов и содействуя повышению мобильности населения. Группа «Аэрофлот» успешно работает на благо широкого круга заинтересованных сторон, включая, прежде всего, своих пассажиров и сотрудников.

В последние десятилетние в Группе «Аэрофлот» организация деятельности стала осуществляться в соответствии с принципами КСО, стала проводиться политика разработки и внедрения соответствующей документации, что привело к положительному экономическому эффекту на фоне роста повышения социальной ответственности и более качественной работы со всеми заинтересованными сторонами.

Руководство Группы «Аэрофлот» в полной мере понимает и принимает на себя ответственность не только за успешное функционирование Группы, но и за развитие России, решение актуальных проблем, соблюдение прав всех заинтересованных сторон. В связи с этим важным аспектом в деятельности Группы и в ее развитии является поиск баланса между реализацией общественных и экономических интересов. Осознавая значимость и роль собственной деятельности в эффективном функционирование аэрокосмической сферы России в целом, Группа «Аэрофлот» реализует многочисленные проекты в сфере КСО, направленные на развитие российского общества, культуры и спорта, поддержку социально незащищенных слоев населения, сохранение природы и другие социально важные проекты. Группа «Аэрофлот» соблюдает все применимые требования законодательства в области работы с персоналом, охраны труда и окружающей среды, стремится к соответствию передовым мировым стандартам КСО. В совокупности, подход, основанный на использование КСО как важного инструмента развития, оказал существенное влияние на экономический рост и непрерывное развитие компаний Группы «Аэрофлот».

Комплексный подход к стратегическому развитию предприятий в современных условиях

Коньшина А.А.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Путятина Л.М.
МАИ, каф. ПМ
nastyshko94@mail.ru

Современное развитие отдельных предприятий и промышленности России в целом связано с разработкой, внедрением и результативностью инновационных процессов, которые опираются на научно-технические разработки и входят составным элементом в стратегические планы предприятий.

Для определения перспектив развития наиболее конкурентоспособные предприятия и фирмы разрабатывают комплексные стратегические планы, охватывающие все сферы их деятельности, взаимоувязанные между собой. Концепция стратегического планирования включает в себя анализ не только основных элементов внутренней среды предприятия, но и внешних аспектов: - перспектив изменения рыночной конъюнктуры, - конкурентоспособности выпускаемых и новых товаров, - социальных, политических, экономических, экологических и других факторов.

Среди основных факторов, снижающих деловую активность предприятий в современных условиях, специалисты выделяют: ограниченную платежеспособность потребителей товаров, недостаток собственных финансовых ресурсов, нестабильность налоговой и правовой политики, высокий процент кредитных средств, дефицит инвестиций, слабая эффективность фондового рынка и другие.

Стратегическое планирование преследует достижение глобальной цели развития предприятия, которая может быть выражена различными экономическими критериями, но при этом необходимо выделить два основных условия:

1. Эффективное распределение и использование ресурсов предприятия (основного капитала, оборотного, финансовых ресурсов и трудовых);
2. Постоянная адаптация к внешней среде, которая может изменяться непредсказуемо быстро.

К основным направлениям стратегического развития относятся: - товарная политика, позволяющая прогнозировать товарный ассортимент выпускаемой продукции, исходя их выбранных критериев и развития рыночной конъюнктуры; - ценовая политика, обеспечивающая экономический рост предприятию по объемам реализации, прибыли, а также закладывающая основы будущей инвестиционной политики за счет рационального использования прибыли; - маркетинговая стратегия, которая должна обеспечивать продвижение товаров на рынке, а также проведение комплекса мероприятий ФОССТИС, позволяющих увеличивать объемы продаж и обеспечивать производителю конкурентные преимущества; - финансовая политика, которая обеспечивант предприятию финансовую устойчивость на основе эффективного использования всех финансовых ресурсов (собственных, заемных и привлеченных); - амортизационная политика, позволяющая с учетом множества современных методов начисления амортизации эффективно управлять одним из собственных источников инвестиционных средств на перспективу; - организационно-техническая и кадровая политика, позволяющие реализовать перспективную товарную политику на основе совершенствования техники, технологии, новых методов организации производства, повышения квалифицированного и численного состава трудовых ресурсов; - инновационная политика, направленная на разработку и внедрение новых товаров повышенного качества, новых материалов, новых технологий, новых методов организации производства и труда и т.д.

Вопросы дальнейшего развития и целесообразности финансирования Российского сегмента в Международной космической станции (МКС)

Коцарева В.С.
МАИ, каф. 509
lerya.merlenss@gmail.com

В настоящее время международная космическая станция — это пилотируемая орбитальная станция, используемая как многоцелевой космический исследовательский комплекс. МКС — совместный международный проект, в котором участвуют 14 стран: США, Россия, Япония, Канада и входящие в Европейское космическое агентство Бельгия, Германия, Дания, Испания, Италия, Нидерланды, Норвегия, Франция, Швейцария, Швеция

Российский сегмент функционирует с самого начала запуска станции и по сей день. На нем проводилось более пятидесяти медицинских, биологических и физических исследований как контрактных, так и с учетом зарубежных партнеров.

Но, в связи со сложной экономической ситуацией и резким падением курса рубля, Роскосмос сокращает финансирование МКС в полтора раза. А, именно урезает бюджет федеральной космической программы, рассчитанной на 2016-2025 годы. Это может пошатнуть статус нашей державы, как господствующей в мировом космическом пространстве. Пилотируемая космонавтика — это большой и сложный механизм, который включает обширную кооперацию предприятий и НИИ по всей стране, имеет множество направлений. Отступление может привести к ситуации, сложившейся с российскими автоматическими межпланетными станциями.

Многие эксперты считают, что Россия уже практически не нуждается в МКС.Если 15 лет назад вложения в МКС двигали нашу космическую технику и помогали ей выжить, то сейчас поддержание МКС в работоспособном состоянии тормозит нашу экономику.

Невольно задается вопрос: целесообразно ли финансирование МКС в дальнейшем?

В Роскосмосе считают, что рационально было бы построить и запустить на орбиту небольшую национальную станцию, на которую периодически осуществлялись бы экспедиции. РКК “Энергия” взяла за основу эту идею и предложила следующее: создать собственную Российскую орбитальную станцию, проектируемую на основе нескольких составных частей. Это модули, уже прописанные в новой Федеральной космической программе (ФКП-2025): МЛМ-У, УМ, НЭМ. По словам генерального директора Владимира Солнцева, если будет успешно завершено развертывание российского сегмента МКС, включая модули МЛМ-У, УМ и НЭМ, то функционирование РОС может начаться сразу после управляемого спуска и затопления МКС путем отделения от МКС связки модулей МЛМ-У — УМ — НЭМ. Предусматривается, что модуль НЭМ во время полета в составе МКС будет дооснащен элементами и системами, необходимыми для работы в составе РОС в качестве базового блока.

В ходе данной работы, были проведены исследования об эффективности использования Международной космической станции в настоящее время и до конца срока реализации, до 2024 года. Результатом которого стало объективное решение о дальнейшем финансировании станции для реализации успешных проектов и программ в будущем. Пилотируемая космонавтика всегда была гордостью для наших сограждан. К сожалению, закрытость отрасли может привести к непоправимым последствиям.

Особенности комплекса маркетинга на рынке аэрокосмической техники

Косачева В., Крылова О.С.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Зубеева Е.В.
МАИ, каф. ФМ

Комплекс маркетинга (или «маркетинг-микс») представляет собой системный комбинированный целенаправленный подход к управлению и использованию маркетинговых инструментов на рынке. Основными традиционно выделяемыми элементами комплекса маркетинга являются товар, цена, распределение и продвижение.

Для рынка аэрокосмической техники характерны определенные особенности, которые отличают комплекс маркетинга от инструментария, используемого для товаров народного потребления и промышленного назначения.

Товар в аэрокосмической сфере наиболее дорогостоящий. Прибыль мирового рынка космических услуг (связь, навигация, картография, телевидение, запуск космических объектов и многое другое) достигает 500 млрд. долларов в год. Россия зарабатывает в космосе 500 млн. долларов (в основном за счёт коммерческих запусков). Сложно-технические изобретения характеризуются высокой материалоемкостью, трудоемкостью, ускоренной амортизацией основных производственных фондов.

Ценовая политика, характерная для аэрокосмической сферы, сильно зависит от внешних факторов. В частности, от наличия и величины госзаказа. Зачастую цены детерминированы для каждого этапа разработок в уже заключенных ранее контрактах.

Политика продвижения на рынке аэрокосмической техники характеризуется рядом особенностей, среди которых четкий учет и контроль над соблюдением коммерческих, юридических, социально-этических и других аспектов космической деятельности; высокая капиталоемкость проектов; многоинституциональность; ограниченность космической программы. Немаловажная роль принадлежит и такому средству коммуникации, как PR. На сегодняшний день существует множество успешных кампаний космического PR, например, Неделя PR и рекламы на Енисее – 2011. К задачам космического пиара можно отнести повышение престижа страны в глазах мировой общественности и собственных резидентов, повышение политической ценности космических программ, улучшение конкурентных позиций России как одной из космических держав мира.

Политика распределения на современном этапе предполагает взаимодействие нескольких партнеров: провайдера космических услуг, медиа-компании, отвечающей за производство медиа-продукта, компании-спонсора. Кроме того, любая инновационная разработка в отрасли космических технологий обязательно должна быть запатентована.

Таким образом, комплекс маркетинга в аэрокосмической сфере сильно отличается на привычной для нас комбинации товарной, ценовой, распределительной и коммуникационной политики. И в этой связи маркетинг аэрокосмической техники приоритетен как научное исследование и национальная идея.

Варианты использования непрофильных активов организации

Кузьмина К.К.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Тарасова Н.В.
МАИ, каф. ПМ
kkuzmina230395@gmail.com

В современных рыночных условиях многие хозяйствующие субъекты владеют непрофильными активами, т.е. имуществом, которое принадлежит им на праве собственности, но не задействовано в основных видах деятельности. К таким активам относятся жилые и нежилые здания, подсобное хозяйство, оздоровительные центры, дома отдыха и др. Это имущество, используемое вне основной стратегии деятельности организации, требует особого внимания. Профильность актива определяется в зависимости от того, какие цели ставит перед собой организация. Если управление активами не соответствует выбранной стратегии ведения бизнеса, они становятся непрофильными. В целом, понятие непрофильности активов является достаточно субъективным.

Непрофильные активы учитываются на балансе организации и поэтому чаще всего являются неким обременением.

Применяемые правила ведения бухгалтерского учета относительно постановки на учет в качестве основных средств, прописанные в ст. 4 ПБУ 6/01 «Основные средства», не подразделяют активы на производственные и непроизводственные. Условием принятия активов в качестве объекта учета является способность активов приносить организации экономические выгоды в будущем.

Возникает также неоднозначность признания стоимости непрофильных активов в расходах, учитываемых при налогообложении прибыли, так как одним из обязательных условий для этого в соответствии со ст. 252 Налогового Кодекса РФ является способность имущества быть задействованными в осуществлении деятельности, направленной на получение дохода.

Организация, которая владеет большим количеством непрофильных активов, рано или поздно начинает испытывать финансовые трудности.

Одним из участников рынка производителей, специализирующихся на строительстве объектов, является АО «Трансинжстрой», на балансе которого имеются непрофильные активы в виде спортивного комплекса, нежилых зданий и помещений.

Перед руководством данной организации возникла проблема выбрать наиболее правильный способ использования непрофильных активов.

Во-первых, можно задействовать непрофильные активы в основной производственной деятельности. При грамотном подходе результатом этого может быть уменьшение суммарных расходов организации.

Во-вторых, имущество можно сдавать в аренду. Обычно в аренду сдают активы, продажа которых экономически неоправдана по причине невысокой рыночной стоимости или существования перспектив их использования в основной хозяйственной деятельности в будущем.

Кроме того, активы можно реализовать, и полученные средства инвестировать в проекты, обеспечивающие развитие хозяйственной деятельности предприятия.

В конце концов, непрофильные активы могут подлежать утилизации, в том числе на коммерческой основе. Чаще всего так поступают с морально устаревшим имуществом.

Грамотный подход к использованию имеющихся непрофильных активов позволяет руководству отечественных промышленных предприятий принимать обоснованные управленческие решения, что, в конечном итоге, улучшает конкурентную позицию хозяйствующих субъектов.

Особенности выбора регионального самолета в условиях импортозамещения

Лифанов И.П.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Чайка Н.К.
МАИ, каф. 502
lifanov.16@mail.ru

На одном из последних совещаний по вопросам авиастроения обсуждались варианты восстановления производства воздушных судов (ВС) для обеспечения региональных перевозок. Рассматривались возможности выпуска самолетов Ил-114 и Ан-140, лицензионного производства китайского МА700, а также воспроизводства проекта реактивного Ту-324. В ходе совещания было отметено, что самолет должен быть конкурентоспособным на мировом рынке.

Показатели конкурентоспособности самолета включает в себя комплекс различных параметров. Совершенство ВС как сложной технической системы характеризуется различными видами эффективности, для которых разработан целый ряд критериев. Каждый из них имеет свою рациональную область применения, объективно характеризуя те или иные аспекты создания и функционирования судна, и позволяя решить определенный круг задач того или иного этапа жизненного цикла самолета.

Эффективность самолетов зачастую характеризуют лишь часовой производительностью, выражаемой произведением массы коммерческой нагрузки на скорость полета. Однако эта величина не может служить исчерпывающим критерием транспортной эффективности самолета, поскольку она не учитывает дальность полета и тех средств, с помощью которых достигается производительность. Самолет может иметь большую часовую производительность на малой дальности полета и ничтожную — на большой.

Определение транспортной эффективности самолета весьма затруднительно, особенно в процессе разработки ВС. До недавнего времени экономико-технические

характеристики (ЭТХ) рассматривались как побочный результат обеспечения летных качеств и, как правило, при проектировании не задавались.В процессе актуализации летно-технических характеристик (ЛТХ) ещё на этапе опытно-конструкторскихработ (ОКР) необходимо учитывать влияние конструкторских решений на повышение экономической эффективности самолета в эксплуатации.

Предпосылкой будущего исследования могут послужить результаты анализа затрат на авиатопливо рассматриваемых ВС. По показателям за летный час Ту-324 значительно проигрывает самолетам с турбовинтовыми двигателями (ТВД) из-за худшей часовой топливной эффективности. Одновременно, затраты на рейс в целом с увеличением дальности у самолетов с ТВД растут быстрее, чем у самолетов с турбореактивными двигателями (ТРДД), так с увеличением длины трассы повышается удельный доход на километр пути реактивных ВС. Это свидетельствует о том, что реактивные силовые установки начинают доминировать с развитием технологий.

Область применения самолетов рассчитанных на дистанцию 2-3 тыс. км и пассажировместимостью 50 – 70 мест представляется переходной, где на равных представлены разработки ВС как с ТРДД, так и ТВД. Это связано с приблизительно равной экономикой рейса. Промежуточные итоги показывают, что самолет Ту-324 имеет конкурентное преимущество, в зависимости от дальности и цены и займет определенную нишу на рынке региональных самолетов.

В дополнение можно отметить и другую особенность Ту-324 – равная с магистральными самолетами скорость и уровень обслуживания, позволяют заменить им более вместительные самолеты как в «низкий сезон», так и на этапе «раскатки» маршрута, предлагая одинаковое время в полете, а эксплуатантам — связанную с этим экономию средств.

На сегодняшний день некоторые конструктивные решения и технологии указанных самолетов потеряли свою актуальность и для дальнейшего возобновления их производства необходимо провести доработки, в том числе и с целью удовлетворения современным требованиям сертификационных стандартов.

Учитывая актуальность проблемы повышения конкурентоспособности отечественной авиационной промышленности, необходимо разработать методологию системной оценки показателей, позволяющую на этапе выбора конструкторских решений, влиять на конкурентоспособности пассажирских самолетов для определения путей повышения их потребительских качеств и расширения рынка сбыта.

Порядок задания ЛХТ, обеспечения их при ОКР и оценки на этапе испытаний в полной мере рассмотрены в отечественных и в зарубежных методиках. Требуемые ЭТХ достичь сложнее, так как их фактическая реализация на сегодняшний день подтверждается только в конкретных условиях деятельности предприятий.

Задача исследования заключается не в выработке готовых решений в независимости от предприятия, характера и масштаба выпуска, условий эксплуатации, а также других показателей. Разрабатывается методика подхода к решению задачи, исследуются условия, при которых обеспечивается наибольшая эффективность на этапе принятия решений воспроизводства авиационной техники, а также рассматриваются направления, в которых следует искать данные решения.

Проблема определения концепции «технологический маркетинг» и его актуальность для аэрокосмической промышленности

Ладейщикова А.А.
Филиал «Восход» МАИ, каф. Б24
greedy_ann@mail.ru

Актуальность и практическое значение темы определяются низкой инновационной активностью в аэрокосмической сфере, следствиями которой становится снижение инновационного потенциала, конкурентоспособности страны на мировых рынках космических услуг. К числу, факторов, тормозящих инновационное развитие наукоемких отраслей промышленности России, следует отнести слабое использование современных

концепций и методов стратегического менеджмента и технологического маркетинга на всех уровнях управления.

Активное изменение макроэкономической системы в последние десятилетия привели к значительной трансформации хозяйственной деятельности предприятий. Эти изменения связаны в первую очередь с насыщением рынков, вытеснением новыми технологиями традиционных, усилением дифференциации потребностей покупателей.

Технологические преимущества, которые определяются технической культурой, основанной на квалифицированном позиционировании рынка и введении инноваций, ориентированных на потребителя; ресурсным потенциалом; организационной структурой, ориентированной на введение инноваций; маркетинговыми исследованиями шансов и рисков, предприятие должно удерживать и развивать по отношению к конкурентам.

В последние годы все большее количество промышленных компаний рассматривает маркетинг, как инструмент повышения конкурентоспособности/

Ф.Котлер определяет маркетинг как работу с рынком ради осуществления обменов (продаж), цель которых — удовлетворение человеческих нужд и потребностей.

Рассматривая работу с рынком в контексте промышленных компаний, речь непосредственно идет о промышленном маркетинге.

Промышленный маркетинг, по мнению Уэбстера предполагает продажу товаров и услуг промышленным и институциональным клиентам.

Если исходить из актуального на сегодняшний день разделения рынков на business-to-business (B2B) и business-to-consumer (B2C), то по утверждению Л.А.Иванова, промышленный маркетинг является одной из важнейших составных частей B2B рынка.

Наряду с понятием промышленного маркетинга существуют инженерно-технический и научно-технический (инновационный) маркетинг.

Сейчас, в период рассвета высоких технологий, в литературе все чаще встречается более современный термин «технологический маркетинг». Впервые на русском языке определение технологическому маркетингу дается в переведенной в 2003 году книге Дитер И.Г. Шнайдера. Он рассматривает его, как маркетинг высокотехнологичных товаров.

На сегодняшний день многие авторы ставят в один ряд понятия «инновационный» и «технологичный», что вызывает необходимость уточнения ранее перечисленных понятий.

В заключение отметим, что на современном этапе изучение и развитие концепции технологического маркетинга в странах Таможенного союза является достаточно актуальным. Между тем мировые технологические лидеры уже давно используют стратегически ориентированный технологический маркетинг. По мнению автора «Бизнес-журнала» А.Введенского, 90% всех инновационных проектов в России демонстрируют полное или частичное отсутствие технологического маркетинга.

Определение эффективности организации капитального ремонта авиатехники военного назначения за рубежом

Маслов Е.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Корунов С.С.
МАИ, каф. 509
maslov_evgeny86@mail.ru

Совершенствование системы послепродажного обслуживания авиатехники военного назначения, поставленной иностранным заказчикам, является одной из приоритетных задач в сфере военно-технического сотрудничества России с иностранными государствами.

Одним из возможных способов решения данной задачи является создание центров по капремонту авиатехники за рубежом, чтобы потребитель, помимо регламентных работ и текущего ремонта, мог самостоятельно выполнять капитально-восстановительный ремонт летательных аппаратов. Таким образом, сокращается время на ремонт

авиатехники, создаются дополнительные рабочие места в стране импортера, повышается качество логистической поддержки эксплуатируемой авиатехники.

Несмотря на указанный выше положительный эффект от организации на территории инозаказчиков центров по капремонту летательных аппаратов, создание данных объектов должно быть эффективно не только с технической, политической и социальной, но и экономической точки зрения.

Для того, чтобы инозаказчик имел возможность самостоятельно осуществлять капремонт авиатехники, необходимо или создать соответствующую авиабазу или дооснастить уже имеющуюся. В любом случае, потребуются значительные капитальные вложения для создания инфраструктуры, общепромышленное и специальное оборудование и инструмент. Также необходимо закупить техническую документацию и оплатить услуги по подготовке специалистов и содействию в выполнении монтажных и пуско-наладочных работах. Однако организация центров по капремонту не должна приводить к увеличению затрат инозаказчика на ремонт летательных аппаратов.

Одним из методов определения экономической эффективности центров по капремонту авиатехники военного назначения, является сравнение стоимости капитально-восстановительного ремонта в стране экспортера и стоимость данного ремонта в центре, созданном у инозаказчика, прибавленной к суммарным затратам на создание и содержание данного центра, разделенным на количество капитальных ремонтов летательных аппаратов на протяжении срока их эксплуатации и на количество авиатехники, поставленной импортеру.

Другим подходом является расчет показателей создания центра по капремонту:

- количество рабочих мест в центре;
- коэффициент занятости центра;
- относительная доля лётных дней;
- суточный налёт эксплуатируемого летательного аппарата ;
- количество эксплуатируемых инозаказчиком летательных аппаратов;
- количество летательных аппаратов, находящихся на капремонте;
- увеличение списочного состава летательных аппаратов;
- площадь основных помещений центра по капремонту;
- площадь вспомогательных помещений центра по капремонту;
- количество специалистов, выполняющих капремонт;
- общее количество работников центра по капремонту;
- первоначальные затраты на создание центра по капремонту, а также их структура;
- постоянные затраты на капремонт, а также их структура.

Исходя из анализа каждого из указанных выше показателей принимается решение о целесообразности создания за рубежом центра по капремонту авиатехники.

Методы снижения затрат на восстановление авиационной техники в условиях войскового ремонта

Мещеряков Я.В., Рудич Д.Р.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Чернышева Г.Н.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 71
bobovpi@yandex.ru

Войсковой ремонт авиационной техники, является важнейшим фактором поддержания высокого уровня боеспособности авиации в ходе боевых действий.

Специфика войскового ремонта в отличии, от ремонта авиационной техники в мирное время, заключается в сокращении сроков проведения восстановительных работ и в не всегда подходящих условиях выполнения ремонта.

Основная цель выполнения всех работ по войсковому ремонту авиационной техники заключается в восстановлении или частичном ремонте летательного аппарата в

минимально короткие сроки до состояния, позволяющего ему после этого вылететь на выполнение боевой задачи.

Как показывает практика, при войсковом ремонте на материальные затраты приходится более 51 % всех затрат

Из этого следует, что первостепенной задачей снижения затрат на войсковой ремонт являются мероприятия, направленные на снижение материальных затрат.

Величина этих затрат зависит от технологии проведения ремонта и от конструкторских особенностей летательного аппарата.

Учесть эти два фактора при поиске резервов снижения затрат на войсковой ремонт можно, по мнению авторов, с использованием методов функционально-стоимостного анализа (ФСА).

Суть ФСА состоит в целенаправленном выявлении затрат, которые не являются обязательными, с точки зрения осуществления авиационной техникой ее функционального назначения и технологии проведения ремонта.

С помощью метода ФСА можно не только выявить непроизводительные затраты материальных ресурсов, и потери рабочего времени, но и предложить рекомендации по их ликвидации и предотвращению

Особенностью ФСА является то, что при его проведении специалист абстрагируется от реальной конструкции анализируемого объекта и сосредоточивает свое внимание на его функциях. По результатам анализа функций могут быть выработаны варианты технических и технологических решений.

ФСА технологии и организации ремонта войскового ремонта может быть продолжением и развитием ФСА конструкции летательного аппарата.

ФСА технологических процессов проводится в целях обеспечения комплексного подхода к решению задач снижения затрат ремонта, повышения уровня его качества , а также сокращения времени его проведения.

ФСА действующих технологических процессов войскового ремонта должен проводится для тех из них, которые требуют наибольших материальных и трудовых затрат или имеют определяющее значение в формировании качества выполненного ремонта.

С целью снижения затрат на ремонт авиационной техники может проводиться ФСА отдельной части технологического процесса или отдельной технологической операции.

Объектом ФСА может быть также проектируемый технологический процесс или, но в этом случае такой анализ должен проводиться конструкторами или технологами в процессе проектирования.

Таким образом, если провести функционально-стоимостной анализ процесса войскового ремонта с использованием метода ФСА можно значительно снизить производственные затраты на восстановление авиационной техники

Хеджирование финансовых рисков разрабатывающих предприятий

Мотырева Е.Е.
Научный руководитель – профессор, к.э.н.Тарасова Е.В.
МАИ, каф. 508
motyrevakatya1991@mail.ru

Одной из ключевых проблем реализации инновационных проектов является поиск источников финансирования. Предприятиям часто приходится осуществлять разработки собственными силами, что ведет к возникновению существенных финансовых рисков.

Гораздо более предпочтительным вариантом является привлечение внебюджетного финансирования, которое позволит: исключить случаи вынужденного привлечения собственных средств разрабатывающих предприятия на реализацию инновационных проектов; увеличить рентабельность и избежать убыточности разработок; снизить вероятность срывов сроков и штрафных санкций; освободить часть средств предприятия-разработчика на собственное техническое перевооружение и развитие; снизить последствия реализации конструкторских, технологических и финансово-экономических рисков.

Вкладывая средства в проект, предприятие – разработчик не может быть полностью уверено в его успешном осуществлении, также как и другие предприятия – потенциальные потребители его результатов. Нежелание или невозможность нести потенциальные риски часто являются барьерами для реализации того или иного инновационного проекта, что, несомненно, тормозит развитие и делает возникновение многих открытий невозможным. Поэтому необходим универсальный механизм, позволяющий распределять риски между участниками процесса таким образом, чтобы они оставались заинтересованными в проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Одной из отличительных черт производства наукоемкой продукции является получение в процессе разработки объектов исключительных прав. Эти объекты обладают определенной стоимостью, зависящей от области их применения, полезности, степени проработанности и новизны, возможности использования в разных областях.

Для целей распределения финансовых рисков подходит распространение разрабатывающим предприятием опционов на приобретение прав на эти объекты. В общем смысле опцион – это право без обязательства совершить определенные действия в будущем в зависимости от того, как развернутся события. В данном конкретном случае купленный в определенный момент по определенной цене опцион дает право своему владельцу получить в свое пользование результаты разработок в случае успешной реализации проекта. Если же проект терпит неудачу, организация теряет только те финансовые средства, которые были изначально вложены в покупку опциона.

Цена опционов, их количество, момент продажи должны быть рассчитаны таким образом, чтобы обеспечить предприятие-разработчика не только необходимым финансированием, но и безрисковым уровнем доходности.

В свою очередь, для тех, кто приобретает опцион, его стоимость должна, с одной стороны, отражать стоимость будущих выгод с учетом вероятности благоприятного исхода, с другой стороны, покрывать неопределенность и возможные риски, связанные с неудачной реализацией проекта.

Опцион может быть оформлен как на результаты всей работы в целом, так и на отдельные объекты интеллектуальной собственности, получаемые в процессе разработок.

Методика расчета цены опциона, учитывающая юридические, экономические и другие аспекты взаимоотношений разработчика и потенциальных потребителей, факторы внешней среды инновационного проекта и ход его реализации, должна быть отражена в единой модели, которая может быть адаптирована для целей различных проектов.

Информационное обеспечение инвестиционной деятельности предприятия

Никитина А.С.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Федоров А.А.
МАИ, каф. ТОМД
Aleksandra_n@list.ru

Проблема обоснования проекта полностью не решается после его принятия. По мере поступления новой информации о проекте потребуется переоценка его основных финансовых параметров и критериев.

В состав системы управления инвестиционными ресурсами предприятия входит информационная подсистема, к основным функциям которой относится: сбор, передача и хранение данных; преобразование данных в информацию; преобразование информации в форму, удобную для принятия решения; доведение решения до исполнений.

Информационная система, используемая для мониторинга инвестиционной деятельности предприятия, состоит из трех блоков.

База данных формируется на основе первичных, внешних и внутренних источников информации. В состав структуры информационного обеспечения входит информация о состоянии и изменении среды того или иного уровня, предприятии и развитии инвестиционного процесса.

В перечень требуемых данных структуры информационного обеспечения инвестиций входят следующие блоки: экономические условия; отраслевая информация; нормативно-правовая информация; информация о предприятии; капитал и источники финансирования; текущие затраты; инвестиционные затраты; реализация проекта; выручка от продаж.

Основы информационного обеспечения на уровне предприятия составляют данные финансовой и бухгалтерской отчетности, а также оперативно-производственной информации. Применительно к инвестиционному процессу информация должна поступать в двух вариантах: расчеты перспективного характера и текущая отчетность. В течение развития инвестиционного процесса в информационную систему поступают фактические данные, которые сопоставляются с планом, в результате пользователи проекта получают сообщения об уровне отклонений от утвержденного графика. Таким образом, осуществляется оперативное управление инвестиционной деятельностью предприятия.

По окончании проекта целесообразно провести анализ полученной в течение жизненного цикла информации.

Особенности процедуры формирования инвестиционной программы разрабатывающего предприятия

Николенко Т.Ю.
Научный руководитель – профессор, к.э.н.Тарасова Е.В.
МАИ, каф. 508
engecin@mail.ru

В условиях рынка каждому хозяйствующему субъекту требуется быстро реагировать на изменение ситуации в экономике и иметь возможность своевременно осуществлять требуемые шаги в целях поддержания конкурентной позиции. Для выполнения данных условий промышленным предприятиям следует вести активную инвестиционную деятельность, представляющую собой совокупность предпринимательских и управленческих действий по использованию финансовых ресурсов, способствующих увеличению производственного и коммерческого потенциалов в результате реализации инвестиционных проектов и программ. Грамотно сформированная инвестиционная программа позволит конкретному промышленному предприятию решить поставленные задачи и достичь намеченных целей.

На разработку инвестиционной программы предприятия существенное влияние оказывает специфика отрасли. Проекты в области авиастроения отличаются повышенным уровнем риска. Создание любого продукта является наукоемким и трудоемким процессом, требующим разработки новаторских технологий и принципиально новых производств. Деятельность разрабатывающего предприятия характеризуется высоким масштабом производства, множественностью технологических операций, длительностью производственного и коммерческого циклов. В связи со значительной степенью наукоемкостит и конструктивной сложности продукции авиастроения возникает потребность в реализации инвестиционных проектов, различных по своей направленности. Одни проекты могут напрямую влиять на основную деятельность предприятия, другие носят вспомогательный характер, касаются обеспечивающих подразделений предприятия и социальной сферы.

В связи с разнообразием направлений инвестирования денежных средств, инвестиционная программа разрабатывающего предприятия включает в себя комплекс разномасштабных проектов, решающих как текущие проблемы предприятия, так и задачи стратегического развития государства.

Для принятия оптимальных управленческих решений механизм формирования инвестиционной программы предприятия должен в себе содержать следующие составляющие:

1. Традиционные методы оценки эффективности инвестиций.

2. Модель, позволяющую ранжировать инвестиционные проекты в соответствии с системой критериев, являющихся наиболее важными для предприятия на текущем этапе развития.

3. Оптимизационную модель формирования инвестиционного портфеля, построенную с учетом ограничений первоначального капитала.

4. Модель построения схемы финансирования отложенных инвестиционных проектов в последующих плановых периодах.

Вышеуказанные составляющие необходимо применять в совокупности, так как при самостоятельном использовании данные модели позволяют получить узконаправленный результат, не полностью отвечающий задачам предприятия.

Таким образом, необходима разработка методологии формирования инвестиционной программы предприятия, включающая комплекс методов и моделей, представляющих собой взаимосвязанные этапы постепенного отбора проектов из множества альтернатив, удовлетворяющих целям предприятия.

Исследование влияния системного подхода при анализе инвестиционных процессов в аэрокосмическом комплексе

Паталай М.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Сазонова М.В.
МАИ, каф. ПМ
mishapatalai@yandex.ru

Разнообразные организационно-экономические дефинитивы различаются структурой входящих составляющих, формой межэлементных связей, видом и степенью обмена с внешней средой. Точкой соприкосновения является активное взаимодействие с внешней средой в области получения из нее необходимых ресурсов, а также передачи во внешнюю среду продуктов своей жизнедеятельности. Системный подход в границах организации основывается на рассмотрении организации как единой целостной структуры отделенной от остального мира и состоящей из взаимозависимых частей. Системный подход в области изучения свойств организаций дает возможность проведения классификации организаций по однородным признакам или параметрам с целью разработки единых методов анализа хозяйственной деятельности, модернизации систем управления и регулирования.

Разрабатываемые инновационные стратегии, в том числе находящие отражение в аэрокосмическом комплексе обязаны способствовать переходу экономики на траекторию устойчивого и динамичного роста, фундаментом которого станет единая система поступательного долгосрочного социально-экономического развития страны. Центром обновленной научно-технической политики станет система комплексного подхода, которая позволит обеспечить значительный шаг вперед в рамках структурно-технологического строя экономики. В настоящее время существующие экономические проблемы аэрокосмических производств разрешаются только по мере их обострения, без проведения экспериментов в области прогнозирования и реализации, превентивных мер, которые должны учитывать возможные последствия реализуемого в стране экономического вектора.

Центральными особенностями организации и управления в области инвестиционных процессов наукоемких аэрокосмических производств являются:

– единая черта научных исследований и проведение опытно-конструкторских работ;

– соединение целевой направленности производств с исследовательскими работами, имеющими основополагающее значение;

– выпуск конкурентоспособной продукции, которая не имеет аналогов;

– проведение большого числа научно-технических работ, в областиразработки современной техники;

– продление жизненного цикла разработанных инноваций, за счет выпуска модернизированной продукции.

Комплексная программа реструктуризации и конверсии в области промышленности строится на разработке организационно-финансовых механизмов, которые смогли бы обеспечить концентрацию производства на ограниченном числе наиболее эффективных организаций. Реализация концепции научно-промышленной базы аэрокосмического комплекса предполагает реализацию мер в области государственных субсидий по основным направлениям:

- выявлениеглавенствующих приоритетов научно-промышленной политики;
- системное развитие законодательной и нормативной базы;
- грамотная и последовательнаяреализация структурных преобразований;
- организация систем международного сотрудничества.

Лизинг авиационной техники, перспективы развития авиационной лизинговой области в России

Петлинская Т.В.
Научный руководитель – к.э.н. Опрышко Н.В.
МАИ, каф 505
petlinscaia96@mail.ru

Актуальность данной темы. Одной из наиболее приоритетных задач экономических исследований в сфере воздушного транспорта Росси является поиск путей обновления самолетного парка и повышение эффективности его использования. В сложившихся условиях оптимальным выходом из кризисной ситуации считается максимальное развитие института лизинга авиационной техники отечественного и зарубежного производства.

В данной статье при анализе современного состояния лизинговых отношений в сфере воздушного транспорта и перспектив авиационного лизинга использованы результаты современных исследований таких личностей как: Владимир Карнозов, Пискун Павел Николаевич - директор Управления по развитию международного бизнеса ЗАО "Сбербанк Лизинг".

Основные аспекты, рассмотренные в данной теме:

1. анализ состояния и перспектив развития лизинга авиационной техники в России
2. раскрытие особенностей российского рынка авиационного лизинга как объекта государственного регулирования
3. характеристика основных видов лизинга и выявление наиболее эффективного вида лизинга воздушного транспорта России.
4. приведение статистических данных за последние годы, тенденции развития лизинга воздушного транспорта России
5. выделение авиализинга как главного экономического инструмента, повышающего эффективность использования российского самолетного парка

Объектом исследования выступают авиационные предприятия, применяющие лизинг авиатехники как инструмента повышения их конкурентоспособности, а также как показателя перспективного развития авиационной отрасли в целом.

Предметом исследования являются формы организации лизинга на предприятиях воздушного транспорта Российской Федерации в качестве катализатора скорейшего вывода гражданской авиации из кризисного состояния, а также особенности использования лизинга авиатехники, в частности, как эффективного метода государственной поддержки сделок и частичное освобождение от уплаты налога на прибыль по сделкам, касающихся поставки авиатехники.

Использование «консьерж-менеджмента», как фактор реализации стратегического потенциала быстрорастущих предприятий

Петров Д.Г.
Научный руководитель − ст. преподаватель Трегубова О.И.
МАИ, каф. ПМ
kasatik911@yandex.ru

В настоящее время исследователями, специализирующиеся в области промышленной политики, а также представителями правительственных структур и госинститутов уделяется повышенное внимание к анализу и разработке различных инструментов и механизмов поддержки государством быстрорастущих предприятий.

В целом можно говорить о постепенной переориентации национальных экономических стратегий на более активное и целенаправленное создание подобных предприятий − будущих лидеров, и в то же время на создание для уже проявивших себя быстроразвивающихся предприятий комплексных программ поддержки и механизмов, способствующих их дальнейшему развитию.

В настоящее время при разработке и дальнейшей практической имплементации различных государственных программ поддержки быстрорастущих предприятий в качестве наиболее перспективных кандидатов (будущих лидеров) рассматриваются, прежде всего, предприятия, уже обладающие успешным опытом работы на целевых рынках и демонстрирующие в течение последних нескольких лет устойчивую позитивную динамику развития.

Одним из перспективных способов оказания поддержки быстрорастущим предприятиям является реализация программ «консьерж-менеджмента», отличительной особенностью которых является организация и осуществление основного объема экспертно-консультационной поддержки непосредственно специалистами специализированных государственных агентств, персональные менеджеры которых на протяжении всего срока консультационного сопровождения предприятий принимают непосредственное участие в их текущей деятельности, регулярно присутствуют на различных рабочих совещаниях и встречах руководства, имеющих стратегическое значение для развития поддерживаемых предприятий.

Термин «консьерж-менеджмент» пришел в сферу управления предприятием из сегмента услуг для состоятельных людей. Впервые такие услуги, предполагающие исполнение практически любых желаний потребителей, появились в 60-х годах прошлого века в США.Культура потребления услуг такого рода в России формируется постепенно, с ростом благосостояния населения. Есть спрос - возникают новые предложения. Несмотря на кризис, в России все больше потребителей стали доверять профессионалам заботу об управлении своего стиля жизни.

В сфере управления предприятием услуги консьерж-менеждмента проявляются в форме привлечения бизнесом опытных менеджеров с целью консультирования и управления теми или иными бизнес-процессами, протекающими в компании, например, управлением научными разработками, оптимизацией технологических процессов, эффективном управлением экономическим потенциалом предприятия.

Использование «консьерж-менеджмента» для реализации стратегического потенциала быстрорастущими предприятиями обусловлено тем, что, зачастую, данные хозяйствующие субъекты, саккумулировавшие за короткий срок большой экономический потенциалв силу отсутствия опыта не в силах реализовать его с целью улучшения своих позиций на рынке, в чем им эффективно помогают консультирующие менеджеры.

Проблемы импортозамещения в машиностроении

Пирогова В.С.
Научный руководитель – ст. преподаватель Ласточкина В.В.
МАИ, каф. Экономика
TecnaVicusya@yandex.ru

Машиностроение – ведущая отрасль народного хозяйства и по её качеству развития можно увидеть, как развито то, или иное государство в этой сфере. На данном моменте эта отрасль сейчас находится в тяжёлом положении. Если мы возьмём нашу страну, то машиностроение переживает застой. Чтобы пережить застой, нужно постараться восстановить обрабатывающую промышленность, где центром является машиностроение.

Мы зададимся вопросом, какие же проблемы существуют в импортозамещении в этой отрасли? Можно сказать так, что у нас нет государственной стратегии преобразования в науке и технике. Ведь импортозамещение это переход от производства простых товаров к высокотехнологичной продукции путём уровня развития технологий. Исходя из этого, у нас стоит задача – повышение инвестиционной привлекательности в промышленности, а именно в высокотехнологичном машиностроении. Но мы не будем забывать, что конкурс на НИОКР является финансовым стимулом для российских разработчиков наукоёмких изделий.

В связи с этим возникают препятствия решения проблемы в импортозамещении:

- Не все предприятия могут использовать современные технологии (в связи с нехваткой денежных средств);
- Не хватка инженерных рабочих кадров (получение специального образования и выход в высокотехнологичные процессы, приблизительно составляет 8-10 лет);
- Отсутствие большого опыта для успешной внешней экономической деятельности у предприятий машиностроения на фоне таможенных процедур и трудностей с информационным обеспечением.
- Вышестоящие проблемы разрешимы и можно предложить рекомендации по их решению:
- Разработка программы развития импортозамещения и повышения конкурентоспособности машиностроения на базе высоких технологий;
- Повышение престижа инженеров;
- Обеспечение международных признаний российских технических стандартов импортозамещающей продукции.

Таким образом, мы должны снизить зависимость нашего экспорта от импортных компонентов. Самое важное это организация производства тех видов продукции, которые востребованы в стране и имеют высокую добавленную стоимость.

Разработка плана мероприятий по внедрению бережливого производства на предприятии авиационной промышленности

Пригоровская Т.Н.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Кондрашева Н.Н.
Ступинский филиал МАИ, каф. ЭиУ
Prigorovskaya_23@mail.ru

В условиях снижения темпов роста мировой экономики и одновременного введения санкций против России возрастает актуальность поиска новых путей повышения конкурентоспособности Российских предприятий. Одним из эффективных современных инструментов повышения конкурентоспособности предприятий и формирование эффективной стратегии развития считается концепция бережливого производства. Суть концепции сводится к ускорению производственных процессов через сокращение потерь, не добавляющих ценности выпускаемому продукту.

Объектом исследования является деятельность промышленного предприятия ОАО «СМПП».

Предмет исследования – организация бережливого производства на промышленном предприятии.

Целью исследования является изучение особенностей и специфики организации бережливого производства на промышленном предприятии, а также разработка плана мероприятий по совершенствованию деятельности на принципах бережливого производства.

В работе разработан план мероприятий по внедрению бережливого производства на промышленном предприятии на основе системного подхода.

План состоит из 7 этапов:

1. Создание отдела Lean – технологий, включающего ведущего-экономиста и главного специалиста-технолога.
2. Разработка графика внедрения бережливого производства в подразделениях.
3. Обучение сотрудников участка принципам бережливого производства.
4. Выбор и анализ пилотного участка.
5. Разработка пилотного проекта.
6. Реализация пилотного проекта.
7. Оценка эффективности реализации пилотного проекта по внедрению бережливого производства

В качестве основных инструментов бережливого производства выбраны системы «5С» и «ТРМ», картирование потока создания ценностей.

Особое значение придавалось этапу «Обучение сотрудников предприятия принципам бережливого производства». На ОАО «СМПП» было проведено обучение сотрудников без отрыва от производства.

По итогам 2014 года основам бережливого производства обучено 48 человек, а к концу 2016 – 395.

Для получения опыта применения инструментов бережливого производства были определены пилотные участки и разработаны графики внедрения на них бережливого производства.

В соответствии с графиком внедрения, за два года на предприятии было реализовано 4 пилотных проекта.

Осуществление мероприятий по внедрению бережливого производства на пилотных участка в общей сумме позволило ОАО «СМПП» за два года:

- получить экономический эффект в размере 2 479 000 руб.,
- сократить время производственного цикла на 27%;
- снизить трудоемкость на 45%.

Научно-промышленные кластеры как драйверы инновационного развития экономики

Прокофьев Д.А.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Голов Р.С.
МАИ, каф. ФМ
prokofievdm@gmail.com

В современном кризисном состоянии российской экономики, усугубляющимся введенными против нее санкциями, одной из первостепенных задач является выработка нового пути развития, основанного на развитии собственной промышленной системы как наиболее стабильного базиса, способного эффективно решать задачи импортозамещения, повышения конкурентоспособности экономики, создания новых рабочих мест и развития ее отраслей, сопряженных с промышленностью. Решение столь масштабной задачи должно основываться на системном подходе, в качестве которого в последние годы ведущими российскими учеными разрабатывается методология реиндустриализации экономики.

Одним из ключевых направлений реиндустриализации экономики выступает формирование кластерных промышленных структур различного типа, целью которых является органичная интеграция производства с различными организациями,

разрабатывающими инновации, осуществляющими оценку их социально-экономической эффективности, предоставляющими необходимые для их реализации инвестиционные ресурсы, обеспечивающими различные типы консультационных, правовых, аналитических и вспомогательных функций. В качестве нового типа кластерных структур автором разработаны научно-промышленные кластеры.

Под *научно-промышленным кластером понимается интегрированный интеллектуально-производственный комплекс, в структуру которого входят промышленные, научно-образовательные и научно-исследовательские организации, объединенные в рамках единой интегрированной интеллектуальной среды с целью реализации совместных инновационно-инвестиционных проектов*. Как следует из приведенного определения, участниками научно-промышленного кластера осуществляется реализация как интеллектуальных функций по разработке инновационной идеи или концепции, так и ее дальнейшая апробация и внедрение в производство. Ключевыми признаками *научно-промышленного кластера,* по мнению автора, являются:

- интегрированность интеллектуально-производственного комплекса;
- наличие как промышленных, так и научно-образовательных и научно-исследовательских организаций;
- наличие единой интегрированной интеллектуально-синергетической среды;
- реализация совместных инновационно-инвестиционных проектов.

Одним из ключевых отличий научно-промышленных кластеров от существующих кластерных структур является формирование на их базе интеллектуально-синергетической среды, которая представляет собой интегрированную многоядерную программную систему, предназначенную для управления процессом разработки инноваций от начальных этапов научных исследований до внедрения ее в производство и последующего контроля качества продукции. Само обозначение данной среды как интеллектуально-синергетическая соответствует ее главной целевой функции – стимулировать интеллектуальную интеграцию сотрудников консолидированных подразделений, научных организаций и промышленных предприятий кластера с целью достижения ими высокой степени эффективности при реализации инновационно-инвестиционных проектов.

Апробация проведенного автором исследования при создании реального научно-промышленного кластера на базе ряда предприятий и научной организации в Республике Коми позволила получить существенный экономический эффект, а также сократить длительность цикла реализации инновационно-инвестиционных проектов.

Проблемы и перспективы развития мирового рынка авиационной промышленности

Просвирина Н.В.,
Научный руководитель – Тихонов А.И.
МАИ, каф.506
nata68.92@mail.ru

Авиационная промышленность сегодня существует в основном за счет прошлых научно-технических, конструкторских и технологических заделов, запас которых неуклонно истощается. Хотя за последние десятилетия авиастроительный мир кардинально изменился. На рынке гражданской авиации Россия практически не представлена, а это значит, что можно выбрать любой путь с точки зрения востребованности конкурентоспособной продукции. Однако стали еще выше и барьеры для выхода в отрасль. Теперь для того, чтобы быть конкурентоспособной компанией, необходимо не только производить продукцию с характеристиками лучше, чем у конкурентов, но и иметь финансовую устойчивость, безупречную репутацию надежного поставщика и корпоративную прозрачность, внушающие производственные мощности и глобальную сеть послепродажного обслуживания и др. Сегодня на мировом рынке конкурирует не продукция, а сами предприятия со всеми своими ресурсами и компетенциями при очень мощной поддержке собственных национальных правительств. В России авиационная отрасль обладает рядом проблем. Ключевые из них – это

устаревшие, вертикально интегрированные бизнес-модели и нехватка важнейших в современных условиях компетенций наряду с сильным технологическим отставанием и износом оборудования.

Наличие государственной поддержки практически на всех этапах разработки и реализации программ и проектов авиастроительных компаний и корпораций является одним из решающих факторов коммерческого успеха конечной продукции самолетостроения. Государство в новой «Стратегии развития авиационной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года» поставило реалистичные цели для отрасли в разумные периоды, которые позволят пройти последовательный и длинный путь по достижению страной статуса мирового лидера. Для этого необходимо правильно расставить приоритеты при реализации задач и реалистично оценить возможности. Для повышения конкурентоспособности отрасли интегрированные структуры авиационной промышленности при поддержке государства должны сфокусироваться на ключевых задачах (научно-исследовательских работах (НИР) и опытно-конструкторских работах (ОКР), сборке, интеграции, продажах и послепродажном обслуживании) и инициативном развитии системы поставщиков, диверсифицированных по рынкам и заказчикам. Важно активно поощрять и поддерживать международную сертификацию продукции и производственных процессов, а также поставки компонентов крупнейшим мировым производителям. Предполагается широкая диверсификация бизнеса наиболее успешных компаний – лидеров отрасли. Успех компании всегда основан на четко отлаженном бизнес-процессе, правильном распределении функционала и грамотном подходе при подборе персонала. Такие компании должны служить образцом для других компаний отрасли, а точнее, основой для расширения спектра продукции и услуг. Подобный подход позволяет не только нарастить объемы производства, но и минимизировать риски.

Реализация задач, поставленных в Стратегии авиапрома, позволит к 2030 году увеличивать показатель выручки организаций данной отрасли на уровне 8–9% в год в период до 2025 года и 5–6% на горизонте 2026–2030 годов (2,6 трлн. руб.). Доля экспорта превысит 40% (14,4 млрд. долл.) за счет поставок финальной продукции и комплектующих. Производительность труда увеличится по сравнению с уровнем 2014 года более чем в четыре раза за счет изменения индустриальной модели отрасли в реальном выражении.

Перед российскими авиапроизводителями стоят задачи выхода на новые рынки и укрепления международного присутствия, в то же время перед странами, активно развивающими авиационную промышленность (в том числе странами Азиатско-Тихоокеанского региона), стоит задача наращивать свои компетенции в авиационных технологиях, что делает сотрудничество с Россией взаимовыгодным.

Интенсификация показателей качества конкурентоспособности авиационной техники с использованием параметрического метода анализа

Рой М.М.
Научный руководитель – к.э.н. доцент Сазонов А.А.
ИМЭиСТ, каф. ПМ
les.medvedi@yandex.ru

В реалиях современного динамичного рынка почти невозможно поддерживать постоянный успех в предпринимательской деятельности. Чтобы, добиться, в ней успеха нужно, осуществлять комплексное и эффективное планирование, собирать и анализировать информацию, а также реализовывать комплексный анализ рыночных сегментов. Конкурентоспособность предприятия рассматривается как стабильный процесс, направленный на создание добавленной стоимости. В число факторов определяющих конкурентные преимущества предприятия входят: продуктивность финансово-производственной, хозяйственной и аналитической деятельности, а также уровень подготовки персонала предприятия. Основными факторами, определяющими конкурентные преимущества предприятия в этом случае, могут выступать грамотная

ценовая политика, высокий уровень качества, и другие характеристики товаров, которые создают для предприятия определенное выстроенное превосходство над своими прямыми конкурентами работающим с ним на одном рынке.

Сущность параметрического анализа заключается в нахождении необходимого минимума совокупности показателей, которые характеризуют все изучаемые свойства системы и формируют группу зависимостей, представляющий комплексный результат от применения системы или ее составных элементов. Параметрический метод базируется на анализе количественного и качественного выражения изучаемых параметров системы и диагностировании координации между значениями параметров как внутри управляющей, так и управляемых подсистем.

Главной задачей по достижению интенсификации показателей качества конкурентоспособности авиационной техники, является формирование эффективной современной комплексной системы управления качеством на государственном, отраслевом и корпоративном уровнях. Система создается с целью радикального повышения конкурентоспособности организаций, качества авиационной техники, снижения издержек, ускорения процессов проектирования и производства, в том числе в области импортозамещения и модернизации продукции. В связи с этим, важнейшим вопросом является построение систем менеджмента в интегрированных структурах с установлением целей, задач и распределением ответственности в области качества и бережливого производства по уровням управления, а также на уровне предприятий - поставщиков продукции (интеграторов первого уровня).

Развитие и совершенствование нормативной базы в области менеджмента качества и бережливого производства играют значительную роль в обеспечении качества продукции и удовлетворении требований потребителей авиационной техники по всей цепочке поставок. В настоящее время осуществляется перевод и разработка международных стандартов в системе AS/EN 9100, а ряд стандартов уже действуют на национальном уровне. Актуальным вопросом для организаций является интеграция требований различных систем и разработка интегрированных систем менеджмента, что должно способствовать созданию такой системы менеджмента, которая позволяла управлять качеством продукции на всех этапах ее создания, производить конкурентоспособную продукцию, отвечающую требованиям потребителей, и повысить эффективность самих организаций.

Актуальность совершенствования нормирования труда рабочих предприятий оборонно-промышленного комплекса

Рустамова О.И.
Научный руководитель – д.э.н., профессор Подвербных О.Е.
ФГБОУ ВО СибГАУ им. М. Ф. Решетнева, ИПМБ, ЭТУП
olesya.rustamova@mail.ru

Оборонно-промышленный комплекс занимает ключевоеместо в развитии российской экономики: именно на предприятиях ОПК сконцентрированаосновная часть научно-технического потенциала государства. Разработанные на оборонных предприятиях технологии находят повсеместное применение в гражданском секторе промышленности, что способствует инновационному росту современной экономики.

Для каждого предприятия, все зависимости от отрасли его деятельности, рабочие являются самоймассовой и основной категорией производственного персонала, ведь они заняты созданием материальных ценностей, выполнением работы по оказанию производственных услуг. По отношению к характеру участия в производственном процессе их подразделяются на рабочих основного и рабочих вспомогательного производства.

Следовательно, первостепенное значение для повышения эффективности работы предприятий ОПК имеет построение эффективной системы нормирования труда рабочих.

Эффективная система должна базироваться наобоснованных нормах, их регулярном пересмотре исовершенствовании, обусловленнымвоздействием достижений

научно-технического прогресса,по мере внедрения новых методик работы или производственных технологий.

Активная задача нормирования труда на предприятиях ОПК состоит в том, чтобы искать новые источники роста производительности труда, повышать профессиональные компетенции рабочих и на этой основе достигать снижения трудоемкости продукции. В количестве пересмотренных норм, отражается вся работа предприятия по совершенствованию техники, технологии, организации производства и труда.

При этом можно смело утверждать, что через нормирование можно увидеть оптимальные пропорции в составе орудий и средств труда и самого труда. Рентабельное производство имеет необходимость в нормировании труда, которое охватывает различные направления трудовой деятельности, санитарно-гигиеническиеи психофизиологические условия труда, планирование и расстановку кадров, индивидуальные и коллективные формы его организации, методы вознаграждения и другие.

Учет всех этих аспектов позволяет компетентно подходить к следующим вопросам:

– формирование бригад, участков людьми и техникой, их расстановка на предприятии;

- расчет загрузки оборудования и рабочих мест для повышения выработки,
- использование производственных мощностей в полном объеме,
- оперативное планирование,
- особенности и размер оплаты труда,
- определение потребностив численности персонала, квалификации и др.

Анализ и оценка конкурентоспособности программы возобновления коммерческих полетов по доставке космических туристов на МКС

Исупова К.С., Салихова М.Р.
Научный руководитель – ст. преподаватель Прохорова Е.П.
МАИ, каф. 501
m.gooseberry@yandex.ru

Целью данной работы являлось исследование необходимости возобновления программы по доставке космических туристов на МКС, а также оценка конкурентоспособности таких коммерческих полетов.

С 2001 по 2009 годы в мире было совершено 8 полетов семи космических туристов на МКС. Программы по доставке туристов работали успешно: без каких-либо аварийных ситуаций, приносили прибыль поддерживали имидж и репутацию не только космической отрасли, но и всей нашей страны, как большой космической державы. Спрос на данную услугу остался, однако такие коммерческие полеты прекратились по причине нехватки свободных мест на ракетах-носителях: после 2009 года из-за прекращения полетов американских шаттлов и увеличения нагрузки на российские корабли по доставке грузов, космонавтов и астронавтов на МКС, Россия вынуждена была свернуть программу космического туризма.

Перспективность проектов и планов развития бизнеса космического туризма зависит от избирательности самих организаторов туров. Зарубежные и отечественные инвесторы сходятся во мнении, что причин или стимулов для развития космического туризма предостаточно. Если сейчас американцы пользуются услугами «Роскосмоса» по доставке своих астронавтов на МКС (так как не имеют собственных действующих кораблей), выкупают свободные места на кораблях «Союз» и, таким образом, тратят почти 5 мдрд рублей на доставку каждого астронавта, а также его возвращение и предполетную подготовку, то к 2018 году они планируют ввести в эксплуатацию свои космические корабли – «Dragon» от «Space-X» и «CST-100» от «Boeing», которые уже подписали контракты с «NASA». Места в «Союзах» освободятся, а потеряв контракт с американцами, будет необходимо покрыть издержки. Компенсировать падение спроса на корабли «Союз» после 2018 года будет возможно за счет возобновления кратковременных экспедиций на российский сегмент МКС на коммерческой основе. Именно поэтому тема данной работы актуальна на сегодняшний день.

Из матрицы БКГ следует, что коммерческие пуски целесообразны. Расчеты подтверждают переход из положения «Звезды» в положение «Трудные дети» (траектория поведения – неудачи). Был проведен конкурентный анализ: с помощью метода «5 сил Портера» определили основных конкурентов: компания «SpaceAdventures», которая имела эксклюзивные права по маркетингу прошлых космических туров, «VirginGalactic», «XCORAerospace», «BlueOrigin» и другие. Услугами заменителями оказались: суборбитальные полеты, полеты в стратосферу – «предкосмос» и полеты в нулевой гравитации. С помощью Гарвардской модели провелась оценка привлекательности программы.

В результате исследований были разработаны основные мероприятия и процедуры для поддержания и повышения конкурентоспособности программы, а также смоделирована оптимальная стратегия для ее дальнейшего развития, определены главные цели и видение, комбинация пяти «П» (План-Принцип поведения-Позиция-Перспектива-Практика) и маркетинговые, научно-технические, кадровые и другие показатели.

Проект освоения новой продукции предприятием ОЭЗ «ДУБНА»

Салтыков И.В.
Научный руководитель – доц., к.э.н. Тарасова Н.В.
МАИ, каф. ПМ
igor777@myrambler.ru

В настоящее время одним из факторов развития российской экономики является формирование особых экономических зон, цель создания которых состоит в привлечении инвестиций в проекты, реализуемые на их территориях. Особые экономические зоны технико-внедренческого типа (ОЭЗ ТВТ) являются эффективным инструментарием коммерциализации научно-технических разработок и роста объемов наукоемкой продукции.

ОЭЗ ТВТ «Дубна» была создана на основании Постановления Правительства РФ от 21.12.2005 № 781. В настоящее время статус резидента ОЭЗ ТВТ «Дубна» получили более 100 высокотехнологичных компаний, большинство из которых выпускают продукцию, не имеющую отечественных и зарубежных аналогов. Одним из таких предприятий ОЭЗ ТВТ «Дубна» является ЗАО «Трекпор Технолоджи», на котором осваивается проект производства линейки инфузионных фильтров на базе трековой мембраны.Инфузионные фильтры – это медицинские изделия, представляющие собой микрофильтрационные мембранные модули с тупиковым движением жидкости, которые предназначены для предотвращения большинства побочных эффектов инфузионной терапии за счет задержания патогенных микроорганизмов, эндотоксинов, инородных частиц и воздуха при внутривенном введении лекарственных препаратов.

Этот проект реализуется в России с 2015 г. и не будет иметь аналогов в мире в ближайшие 10 лет, его завершение планируется в 2020 г. Особенностью данного проекта является более высокая селективность фильтрации при сопоставимых скоростях инфузии различных сред, обусловленная крайне малой дисперсией пор мембраны по размерам, малый объем заполнения и высокая скорость фильтрации, возможность применения в педиатрии и неонатологии, при анестезии и химиотерапии, в конструкции изделий материалов российского производства, более низкая стоимость относительно зарубежных аналогов.

Фактическая потребность российского рынка инфузионных фильтров составляет около 4 млн в год. В будущем применение инфузионных фильтров, совместно с системами для внутривенного вливания, станет обязательным, поэтому потенциальная потребность российского рынка составит более 37 млн инфузионных фильтров в год.

Производство инфузионных фильтров в России на сегодняшний день отсутствует, применяются исключительно импортные инфузионные фильтры, произведенные преимущественно в Германии и США. К моменту выхода на запланированную производственную мощность (четвертый – пятый год реализации проекта) ЗАО «Трекпор Технолоджи» имеет возможность занять доминирующее положение на рынке

инфузионных фильтров, что позволит препятствовать увеличению объемов продаж этой продукции импортного производства. В течение первых двух лет реализации проекта предполагается заменить не менее 40% существующего на текущий момент рынка фильтров импортного производства и дополнительно расширить рынок инфузионных фильтров на 10% от имеющегося потенциала.

Реализуемый проект по производству новых инфузионных фильтров позволит повысить безопасность пациентов и ускорить их выздоровление.Кроме того, применение инфузионных фильтров, задерживающих эндотоксины, позволяет без замены непрерывно пользоваться одной инфузионной системой в течение 96 – 120 час. вместо 24 час., как было ранее. Основными потребителями инфузионных фильтров являются лечебно-профилактические учреждения и производители инфузионных систем.

Проект имеет большое значение в рамках реализуемой в настоящее время программы импортозамещения во всех сферах хозяйственной деятельности.

Сквозное планирование как инструмент эффективного функционирования предприятия

Сапрыкина И.В.
Научный руководитель – профессор, д.э.н Данилочкина Н.Г.
МАИ, каф. 501
sapinessa@gmail.com

В современной экономике от предприятий высокотехнологичных отраслей требуется повышение эффективности производства и внедрение эффективных форм управления производством. Очевидно, что конкурентоспособность предприятия наукоемкой отрасли определяется не только качеством продукции, но и рациональностью использования имеющихся ресурсов. В настоящее время, предприятия оборонно-промышленного комплекса выполняют заказы как внутреннего, так и внешних заказчиков, что обуславливает выпуск продукции небольшими партиями, адаптированными под требования заказчика. Авиационные предприятия военно-промышленного комплекса в Российской Федерации в своей деятельности охватывают процессы всего жизненного цикла продукции: от НИОКР до послепродажного обслуживания, что требует полного контроля всех ресурсов на всех этапах.

Внедрение системы сквозного планирования остается открытым вопросом для многих предприятий Российского авиапрома. Повсеместное внедрение ERP-систем началось с 1990-х годов, но закрытость и «тяжеловесность» организационных структур, а так же бизнес-процессов, позволили предприятиям ВПК выйти на необходимый уровень адаптивности к требованиям внешней среды относительно недавно. В Советском Союзе авиационная промышленность полностью финансировалась на всех этапах: от НИОКР до вывода продукции из эксплуатации. В настоящее время, производство авиационной техники, по сути своей, представляет бизнес, контроль и управление которым лежит только на Управляющей Корпорации. Бюджеты на реализацию всех проектов ограничиваются возможностями предприятия, которые заинтересованы в минимизации потерь по всем этапам жизненного цикла.

В условиях большого потока внутренней информации, контроллинг является неотъемлемым «спутником» сквозного планирования. Контроллинг представляет собой концепцию управления деятельностью предприятия, координирующую и интегрирующую усилия различных служб и подразделений по достижению поставленных целей.

В соответствии со стратегией предприятия и задачами служба контроллинга дает рекомендации, как и когда планировать, формируя систему комплексного планирования, разрабатывает методы планирования и схему сбора и обработки информации, а также оценивает возможность реализации запланированных показателей. Результаты контроллинга выражаются в планово-контрольных расчетах, под которыми понимается как сам процесс, так и результат переработки информации. Важность декомпозиции работ и получения своевременной и точной информации от цехового уровня до уровня корпоративного управления, совокупность стоимостных показателей, показателей KPI и механизмы их расчета позволяют направлять все процессы на достижение экономических и стратегических целей.

Экономическая роль технического задания

Сафронов А.В.
Научный руководитель – Дроботов В.Б.
МАИ, каф. 801
Shyrik98@inbox.ru

Разработка технического предложения и технического задания являются первыми этапами жизненного цикла любого образца или конструкции. От качества составленного технического задания зависят свойства перспективного образца и его эксплуатационные возможности. Под эксплуатационными характеристиками в последнее время всё чаще понимают экономическую целесообразность создания нового объекта и его возможность быстро окупись затраты на создание и приносить прибыль.

В процессе создания образца техники или сооружения происходит правовое общение и взаимодействия Заказчика с Подрядчиком. Уровень знаний обеих сторон позволяет согласовать техническое предложение и превратить его в юридический договор. Однако не всегда уровень знаний и практический опыт позволяют вести переговоры между Заказчиком и Подрядчиком на одинаковом для обоих научном уровне. При таких неравноценных переговорах одна из сторон может оказаться в проигрыше или упустить намеченную выгоду. Напротив, другая сторона активно включается в поиски способов получить дополнительную выгоду, не нарушая при этом согласованные договорные обязательства.

В работе на примере упрощённого технического задания показано, как недостаточный уровень знаний Заказчика приводит к экономическим потерям, которые Подрядчик может реализовать в практическую для себя выгоду.

Рассмотрен пример строительства бассейна заданного объёма. Объём бассейна строго оговорен в Техническом задании и не подлежит пересмотру. Во время согласования Технического задания Подрядчик замалчивает о существенном влиянии формы ёмкости на конечный результат. Такое замалчивание не является нарушением закона, а свидетельствует о малой компетентности Заказчика в области создания подобных конструкций. Подрядчик молчаливым согласием навязывает Заказчику самую простую форму бассейна в виде прямоугольного параллелепипеда, куба, ссылаясь на многочисленные простые аналоги. Однако форма конструкции в Техническом задании не упоминается – в этом заключается главная ошибка, допущенная Заказчиком.

После согласования Технического задания без упоминания формы конструкции, только на основе вместимости, Подрядчик самостоятельно или с помощью привлечённых организаций выполняет анализ различных вариантов выполнения Технического задания. Так как форма не оговорена, то, естественно, появляется возможность вариации конструкции в рамках заключённого соглашения. Подрядчик изучает различные формы ёмкости и выбирает такую, которая не нарушает согласованное Техническое задание, но обладает меньшей себестоимостью.

В работе отмеченная ситуация иллюстрируется на примере заказа строительства и облицовки плиткой конкретного бассейна. Показано, как при стоимости материалов 3-4 млн. рублей вполне реально может быть извлечена выгода для Подрядчика в размере 400-500 тыс. рублей. Это потери Заказчика из-за некомпетентности в составлении Технического задания.

В работе учтена только стоимость и экономия от приобретения облицовочных материалов. На самом деле экономический эффект может оказаться значительно больше.

Вывод. Правильно составленное Техническое задание позволяет экономить значительные финансовые средства Заказчика, не позволяя Подрядчику получить непредусмотренную сверхприбыль за счёт обхода юридического документа.

Подходы к страхованию космических рисков в Российской Федерации

Синдяшкин А.А.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Зубеева Е.В.
МАИ, каф. ФМ
as-sin10@mail.ru

Проблема страхования рисков в аэрокосмической промышленности была не актуальна в нашей стране вплоть до середины 90-х годов XX века. Это объяснялось тем, что не существовало коммерческой космической деятельности и ущербы не возмещались за счет госбюджета. Постепенно Россия перешла к рыночным отношениям, в связи с чем возникли предпосылки к страхованию космических рисков. С середины 90-х годов прошлого столетия стартовал начальный этап формирования соответствующей системы подходов, взглядов, методик.

Наиболее важной отличительной чертой страхования космических рисков является крупный размер страховой суммы, что предопределяет и величину страховых премий, необходимость заключения долгосрочных договоров страхования и относительно оптимистичная статистика наступления страховых случаев.

Страховые компании могут прибегнуть к следующим методам страхования космических рисков:

1. Самостоятельное страхование.

К преимуществу данного метода можно отнести высокий доход. Недостаток состоит в том, что при наступлении страхового случая и выплате страхового покрытия (возмещения) предприятие может быть не в состоянии покрыть ущербы и обанкротиться.

2. Сострахование.

Данный метод в наибольшей степени подходит к страхованию крупных объектов, так как при сострахновании происходит солидарное разделение ответственности между несколькими страховщиками. Сострахование может осуществляться также силами страхового пула. Данный метод наиболее выгоден для страхователя, так как в отличие от ситуации самостоятельного страхования при сострахновании вероятность полного возмещения убытков несоизмеримо больше.

3. Перестрахование.

Данный метод следует рассматривать не только как подход к страхованию крупных рисков, но и как механизм повышения финансовой устойчивости страховщика. При перестраховании цедент (страховщик) передает более половины собственных обязательств цессионеру (перестраховщику), однако ответственность перед страхователем несет на 100%. Сегодня большинство договоров перестрахования, заключаемых в России, предполагает передачу части риска на зарубежные страховые компании, что в некоторой степени усиливает уверенность страхователя, так как западный рынок страхования космических рисков гораздо более развит.

Однако российскую систему страхования космических рисков тоже необходимо развивать. Исходя из проанализированного материала, наиболее перспективным подходом к решению данной проблемы следует считать систему сострахования.

Партнерский маркетинг или интернет-реклама в качестве маркетинговой стратегии предприятия

Синицын Б.М.
Научный руководитель – доцент к.э.н., Арсеньева Н.В.
МАИ, каф. ПМ
sinibo@ya.ru

Развитие технологий в наше время напрямую влияет на все аспекты жизни человека и это не может не влиять также на развитие бизнес-процессов.

На данный момент Интернет- самая развивающаяся информационная среда, что позволяет успешно использовать его и в развитии бизнеса. В статье же будет рассмотрен такое явление как партнерский маркетинг.

Партнерский маркетинг, как одна из форм привлечения клиента имеет, несомненно, главный плюс- всю работу в этом направлении ведёт рекламодатель, обеспечивая заказчика нужным ему потоком целевой аудитории. Моделей партнерских программ, отвечающих потребностям и специфике бизнеса заказчика, существует несколько:

- плата за продажу - CPS (cost-per-sale)
- плата за действие - CPA (cost-per-action)
- плата за клик - CPC (cost-per-click)
- плата за показ - CPV (cost-per-view)
- плата за загрузку - CPI (cost-per-install)
- многоуровневый маркетинг (привлечение нескольких партнеров для увеличения эффективности программы)

Наиболее популярной моделью является CPA (плата за действие) и следует обозначить возможные виды действий:

- Лиды (модель CPL (оплата за лид)). Данная модель подразумевает, что рекламодатель получает контактные и демографические данные пользователей, что позволяет наращивать свою базу клиентов для развития дальнейшей рекламной деятельности.
- Покупки (модель CPS)
- Посещение нескольких страниц сайта
- Посещение целевой страницы сайта
- Загрузка файла
- Просмотр ролика
- Просмотр прайс-листа
- Заполнение формы заказа или обратной связи

Ввиду вышеприведенных данных, интернет-рекламу можно назвать, пожалуй, самой перспективной маркетинговой стратегией, так как привлечение клиентов подобным образом удобно разным формам бизнеса- от интернет- магазинов и различных представителей сферы услуг до транснациональных компаний и мировых корпораций.

Автоматизация управления логистическими процессами на предприятии

Скабеева Ю.С.
Научный руководитель – к.э.н., профессор Внучков Ю.А.
МАИ, каф. ПМ
Y6797@mail.ru

Развитие рынка электронной торговли вызывает изменения в логистических процессах на предприятии. Информационная система логистики уже не может ограничиваться подготовкой товарно-транспортных документов и ведением складского учета. Она должна соответствовать современным требованиям, а значит позволять следить за уровнем обслуживания, осуществлять контроль товарных потоков на всем протяжении цепи поставок, гибко отвечать на изменения в спросе и производить оценку удовлетворенности конечного покупателя.

Для автоматизации управления этими процессами подходит решение SAPTransportationManagement (SAPTM). Это программное обеспечение от немецкой компании SAP, которое представляет собой систему для планового и оперативного управления транспортировками, осуществляемыми как внутри города, когда известны лишь начальная, конечная и промежуточные точки (т.е. маршрут движения явно не задан), так и по магистральным маршрутам. Также SAPTM позволяет решать задачу транспортного планирования с учетом логистических ограничений в различных звеньях транспортировки. К таким ограничениям относятся параметры логистической цепи, самого транспорта, перевозимого груза и, соответственно, стоимости перевозки. Они формализуются с использованием стандартных инструментов SAP или путем их расширения в соответствии со специфическими условиями заказчика.

Для большинства предприятий будут актуальны три основных направления в рамках проекта SAPTM: «лучший тариф», повышение утилитарности и автоматизация процесса «P2P» («procure-to-pay»).

Первое направление – «лучший тариф» по соотношению цена-качество обеспечивается путем автоматизации в SAPTM процессов расчета гарантий, конкурса среди перевозчиков и мини-тендера.

Второе направление - повышение утилитарности - реализуется благодаря оптимальной маршрутизации и новой логике формирования загрузки транспортных средств исходя из массогабаритных характеристик груза, местоположения пункта назначения, наличия там доступного места для размещения товара.

Третье направление - автоматизация и организация процесса «procure-to-pay» – это не только сквозной процесс управления транспортом в едином информационном поле и создание рабочих мест перевозчиков, но еще и переход от ручной маршрутизации к автоматической.

Автоматизация с помощью SAPTM также позволит снизить влияние человеческого фактора на расчет и контроль фрахтовых затрат, конкурсный выбор перевозчиков на маршрутах и претензионную деятельность. При этом возрастет качество маршрутизации клиентской доставки, в том числе благодаря переходу к планированию по географическим координатам взамен планирования по адресу.

Для обеспечения эффективности управления всеми этими процессами внедряется специальный модуль по отслеживанию событий – SAPEventManagement (SAPEM), благодаря которому возможно контролировать состояние процессов, оперативно получать информацию об изменениях и своевременно принимать адекватные управленческие решения.

Современные механизмы организации и управления разработкой авиационной техники

Скутин А.С.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Агеева Н.Г.
МАИ, каф. 501
skutin-asp@mail.ru

Необходимость удовлетворения непрерывно возрастающим требованиям рынка к продукции авиационных предприятий, таким как снижение стоимости, повышение безопасности, уменьшение вредных выбросов и удешевление этапов разработки вынуждает авиационных производителей использовать новые инновационные технологии управления и планирования при разработке изделий и технологий.

Анализ состояния текущих процессов проектирования и предложения инновационных разработок в лидирующих авиационных компаниях мира, а также анализ организации исследований и разработки техники в отечественных компаниях, продемонстрировали, что возрастающая комплексность авиационных изделий, вместе требованиями по сокращению сроков их создания требует доработки модели совершенствования управления и планирования на предприятиях.

В настоящее время при разработке сложных технических систем используют методологию системной инженерии, как наиболее эффективную методологию при управлении жизненным циклом. Применение методов системного инжиниринга позволяет гармонично сочетать управленческие и инженерные аспекты проектирования. Существует ряд международных (например, ISO/IEC 29148 и ISO/IEC 15288) и отраслевых (например, SAEAPR 4754A, SAEAIR 6110) стандартов системной инженерии.

При использовании стандартов APR 4754A и AIR 6110 проектирование необходимо начинать с разработки функций изделия, которые будут в полной мере удовлетворять требования заказчика, а также различных вариантов применения авиационной техники с учетом выполнения целевых задач. Функции и взаимодействие между ними составляют логическую архитектуру изделия. Далее функции размещаются на системы, системы размещаются на агрегаты, и формируется физическая архитектура

изделия. Необходимо учитывать наличие дополнительных систем и агрегатов для создания целостной системы. На выходе требуется получить интегральную функциональную модель изделия, в ней должны быть объединены все основные системы. С помощью ее можно отслеживать взаимодействие и влияние систем друг на друга.

Мировые производители авиационной техники (Boeing, Airbus, Embraer и др.) применяют «V процесс проектирования». Он основан на декомпозиции требований на начальных этапах и на проверке этих требований к изделию на последующих этапах жизненного цикла. Первоначально формируются требования к самому изделию (нормативные документы (ГОСТ, ОСТ, ISO и др.) используемые для разработки и определяются основные этапы работ), далее разрабатываются системные требования к системам (составление ТЗ на каждую из систем), далее формируются требования к электронному макету (требования к 3D моделям, общей PLM системе). Также согласовываются требования по имитационным моделям систем, которые будут разрабатывать поставщики. Они необходимы для входного анализа работы системы при ее получении от разработчика, а также для проверки ее работоспособности в составе самого изделия. На этапе интеграции и проверок происходит детальная сверка требований по каждому из уровней, далее изготавливается полунатурный стенд для испытаний, также с помощью его организуются предварительные зачетные испытания в рамках ускоренной сертификации изделия.

Применение современных моделей процесса проектирования позволит предложить технологию совершенствования управленческих процессов и работ и сформулировать основные методологические принципы и подходы управленческих процессов при проектировании современных самолетов.

Взаимосвязь систематического планирования и спонтанных решений в процессе реализации проекта

Соловьёва Е.Е.
Научный руководитель – ст. преподаватель Комонов Д.А.
МАИ, каф. ПМен
1711fox@mail.ru

Проектные группы в промышленности и управлении сталкиваются с проблемой выбора, внедрения и применения информационных технологий. У специалистов возникает широкая гамма возможностей от спонтанных решений до систематического планирования. Является ли спонтанность необходимым дополнением к методологии планирования или же отражает ее неполноту?

За последние десятилетия информация становится все более независимым производственным фактором. Это значит, что она является дополнением к вспомогательным факторам: материалам, энергии и финансовым ресурсам, помогающим в работе основному фактору – человеку. В прошлом считалось, что информация – это только часть человеческого фактора. Процесс изменения информации сопровождается проблемами, связанными с изменениями информационной технологии. Для коммуникации в промышленности и управлении информация как производственный фактор используется в разных формах: данные, текст, изображение (графика, видео) и речь. Функции работы с этими формами информации одни и те же: сбор, хранение, обработка, вывод и перемещение с одного носителя на другой.

Организация пользователей может основываться на четырех группах информационных технологий, функции которых все более пересекаются и интегрируются друг в друга: компьютеры; автоматические офисные системы; телекоммуникация; информационная технология в соединении с производственной технологией, а также соответствующее программное обеспечение. Вследствие разнообразности предлагаемых систем все более увеличивается возможность для спонтанного проведения процесса. Короткий жизненный цикл и особые характеристики рынка, такие как стандарты компаний и отрасли, приводят к определенному технологическому доминированию концепции организации пользователей. На практике дуализм между спонтанностью и

планируемыми действиями затрагивает все процессы принятия решения в компании. Это особенно относится к проектам по внедрению информационных технологий. Спонтанность в основном вытекает из требования достигнуть специфических, часто противоречивых целей. В соответствии с этим требованием она характеризуется желанием действовать сразу и без вдумчивой обработки информации. Потенциально значимые факторы систематически не учитываются и не оцениваются. Сотрудники при этом полагаются на успех своих идей и хотят получить непосредственный результат. Новые ситуации и инновации являются мотивацией для спонтанно действующих лиц. Они сталкиваются с риском и определенным недостатком ориентации, хотя часто достигают значительного успеха.

В процессе планирования теоретически предусматриваются, анализируются и моделируются возможные ситуации, действия и их последствия. После получения систематизированной информации производится оценка на основе теорий, моделей и вычислений. Все это ведет к возрастанию ответственности за исполнение контроля и сокращение риска, в связи с чем можно порекомендовать три разные формы планирования: целевое, альтернативное и планирование процесса. Практика показывает, что невозможно в точности следовать этим фазам планирования. Например, покупатели часто получают необходимое для операционных целей «ноу-хау» только путем выработки альтернативных предложений. В течение этого процесса они делают некоторые спонтанные предположения и принимают различные промежуточные решения. То есть, в данном случае спонтанность и планирование дополняют друг друга.

Стратегический анализ диверсификации производства предприятий отечественной машиностроительной отрасли в современных условиях

Судариков М.Д.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Рагулина Ю.В.
АО «Корпорация «СПУ-ЦКБ ТМ»

8 сентября 2016 года в научно-производственном объединении «СПЛАВ» состоялось совещание по теме использования потенциала оборонно-промышленного комплекса в производстве высокотехнологичной продукции гражданского назначения и её реализации как на внутреннем так и внешнем рынках. [1]

На этом совещании было отмечено, что из-за большого объёма ГОЗ за прошедшие годы доля продукции гражданского или двойного назначения на предприятиях ОПК сократилась с 33 % в 2011 году до 16 % в 2015 году. В соответствии с этим была поставлена задача повысить этот показатель до 50 % к 2020 году. [2]

В соответствии с этим предлагается рассмотреть основные проблемы, и механизмы их решения, которые поспособствуют плавной и устойчивой диверсификации организаций. Нижеуказанные проблемы и механизмы были проработаны по результатам посещения многочисленных форумов, конференций, семинаров и непрерывного аналитического мониторинга состояния развития предприятий ОПК за 2014-2016 гг. путём использования сети «Интернет».

Основные проблемы развития предприятий по мнению автора заключаются:

1. Консервативные и безинициативные взгляды сотрудников предприятий, причины которых берут начало от старшего поколения специалистов.

Для решения этой проблемы предлагается создать отраслевой институт наставничества.

2. Нет развитой социальной и кадровой политик на предприятиях ОПК, что ставит под удар престижность работы в них для молодых специалистов в отличие от европейских предприятий.

Решение данной проблемы было автором проработано в статье «Перезагрузка кадровой политики - основа устойчивого развития отечественного машиностроения».

3. Необходимо фундаментально перестроить всю конструкторскую, технологическую, научно-исследовательскую, производственную и обслуживающую их

системы для создания инновационной, универсальной, многогранной, стрессоустойчивой и эффективной работы предприятий.

4. Необходимо реорганизовать систему оплаты труда на предприятиях от рядового сотрудника до высшего руководства. Помимо повышения заработной платы в соответствии с показателем инфляции, необходимо проработать фиксированную составляющую ежемесячной премиальной части, дополнительные бонусы, социальные льготы и др. Но в первую очередь предлагается решить проблему несправедливой оплаты труда, которая заключается в принципе «одни заслуживают – остальные довольствуются».

5. Создание единой электронной отраслевой системы учёта, контроля, мониторинга.

Данная система позволит вести контроль в рамках отрасли за деятельностью и развитием предприятия, а в рамках предприятия за каждым сотрудником.

Космические технологии в сельском хозяйстве

Безобразова Е.А., Томилова В.А.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Зубеева Е.А.
МАИ, каф. ФМ
vikitom@mail.ru, kate_hoffman@mail.ru

Для России, как для аграрной страны, особое значение имеет использование высоких технологий в практику сельского хозяйства. Основными тенденциями их развития сегодня можно считать технологии точного земледелия, облачные сервисы управления сельскохозяйственным предприятием, системы мониторинга подвижного состава и учета расходных материалов.

Немаловажную роль играют также и технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). К ним относятся съемки из Космоса, съема посредством беспилотного летательного аппарата. Информация, которую собирают подобным образом, достоверна и отображает действительную картину состояния сельскохозяйственных земель и растительности.

Для контроля над состоянием земельных угодий в России такие снимки уже используются. С помощью таких снимков представляется возможным получить актуальную информацию о состоянии и использовании земельного ресурса. Это необходимо для того, чтобы повторно осваивать угодья и перераспределять земли.

Важное значение для сельского хозяйства принимает спутниковая съема. С ее помощью можно решать некоторые задачи, а именно:

Инвентаризация земельных участков, учет, контроль.

Это означает выявление слабо освоенных и недоиспользованных земельных участков, определение эрозии почвы и других «болезней» земли. Задача эта ставится на государственном уровне и ее решение важно для планирования дальнейших работ, управления инвестициями в сельское хозяйство.

Исследование посевов.

Урожай тоже может болеть. Благодаря космической съемки представляется возможным производить сравнительный анализ угодий, выявлять соответствующие заболевания на ранних стадиях, проводить дистанционное зондирование. Благодаря этому составляют карты неоднородности состояния посевов, дифференцированно вносят минеральные и органические удобрения в нуждающиеся в них почвы.

Агрострахование.

Посевы находятся под большим влиянием внешних природных и антропогенных факторов, многие из которых являются реальными факторами риска, а именно засуха, грады, вымерзания, обильные осадки. Космическая фотосъемка позволяет улавливать данные неблагоприятные и опасные для посевов явления и фиксировать случаи возможной потери урожая. Предвосхищение этих процессов дает возможность страховать урожаи и в дальнейшем получать компенсацию.

Изучение фауны.

В животноводстве большое распространение получают роботизированные фермы. В этой сфере ГЛОНАСС/GPS-датчики применяются для контроля передвижений домашнего скота. Определенные виды космических съемок предназначены для анализа репродуктивности пастбищ.

Разработка и использование методов бенчмаркинга на инновационных предприятиях

Трофимова Е.А.
Научный руководитель – к.т.н. Епанешникова И.К.
МАИ, каф. УИ
katrintrofi_95@mail.ru

В условиях жесткой конкуренции, когда компаниям приходится соревноваться на внешнем и внутреннем рынке, компаниям необходимо видеть свои сильные и слабые стороны, находить пути усиления своих конкурентных преимуществ и повышать эффективность.

Изучить достоинства чужого опыта и осуществить их использование в своей деятельности позволяет бенчмаркинг.

Бенчмаркинг позволяет проводить сравнительный анализ и оценку результатов работы компании, процессов, функций, товаров и услуг путём их сопоставления с выбранными образцами для подражания и охватывает практически все сферы его деятельности: маркетинг, управление персоналом, менеджмент, логистика и др.

Например, компания X радиоэлектронного или аэрокосмического профиля поставила перед собой задачу улучшить свои финансовые показатели, использовав, наряду с другими решениями создание новой web-системы, рекламирующие возможности данного предприятия и привлечь к ним покупателей. Компания X обращается за помощью к digital агентству (агентство, которое обеспечивает услуги по решению творческих и технических задач для продуктов или услуг в интернете), которая в своей деятельности используют методы бенчмаркинга, изучает эффективность работы компаний, выявляет плюсы компаний, анализируют деятельность конкурентов компании и на основе всей полученной информации оказывают услуги: в том числе дают информацию по номенклатуре изделий, пользующихся спросом по предпочтительным технологиям и др. Полученная информация используется компанией X, которая привлекает новых заказчиков, что соответственно увеличивает ее эффективность.

Опыт показывает, что такой подход обеспечивает конкурентоспособность предприятия, рост инноваций, а также успех, как конкретной фирмы, так и всего направления деятельности предприятия, а также улучшит эффективность в сфере аэрокосмического комплекса.

Проблема импортозамещения в самолётостроении

Трохачёва П.О.
Научный руководитель – ст. преподаватель Ласточкина В.В.
МАИ, каф. Экономика
polinatrokhachyova@gmail.com

Создававшийся десятками лет научно-технический и производственный потенциал авиационной отрасли и промышленности, обеспечивает России место одной из ведущих авиационных держав в мире. Поэтому можно отметить, что авиационная промышленность России находится на высоком уровне, а предприятия, работающие в этой сфере деятельности, выпускают транспорт, который обладает высокими характеристиками и свойствами, поэтому является востребованным. Предприятия, занимающиеся созданием авиационной техники, тесно сотрудничают с другими отраслями, такими как радиотехническая промышленность, а также электронная.

К основным задачам авиационной промышленности относятся проектирование авиационной техники, ее создание и испытание, а также ремонт и утилизация. Следует отметить, что в данной сфере задействовано огромное количество специалистов, которые

используют исключительно высококачественные, модернизированные и надежные технологии, технику и оборудование. В связи с этим авиационная промышленность России является развитой и известной во многих странах. В Российской Федерации существуют специализированные центры автомобилестроения, которые известны во всем мире. К ним относится НИАТ (национальный институт авиационных технологий) и ЦАГИ (центральный аэрогидродинамический институт), а также другие центры, внедряющие в процесс создания авиационной техники инновационные технологи, методы и способы.

В настоящее время авиационная промышленность имеет ряд проблем связанных с импортозамещением. Сегодня возможности импортозамещения в гражданском авиапроме определяют:

– опыт создания авиационной техники;

– наличие авиационных материалов;

– девальвация рубля и санкции, влияющие на импорт комплектующих компонентов.

В то же время развитие гражданского авиастроения сталкивается с рядом угроз и рисков. К ним относят:

– низкий технологический уровень материалов и компонентов, особенно электроники;

– необходимость на внешний рынок, что повышает требования к комплектующим и предполагает использование зарубежных материалов и компонентов;

– повышенные требования к показателям эффективности российских инвестиционных проектов, что в авиационной промышленности сложно реализовать из-за длительных сроков разработки.

Исследование возможностей внедрения интерактивного планирования в деятельность предприятий авиационной промышленности

Фатихова Э.Р., Дудинских А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Комарова Н.В.
МАИ, каф. 512
sommer.stasya@yandex.ru

Не так давно авиационная отрасль переживала кризис, период спада и застоя. Это было связано с политико-экономической ситуацией в стране, отсутствием планов предприятий на будущее. Проанализировав ошибки в управлении, прогнозировании и планировании прошлых лет, компании поняли необходимость использования стратегического планирования в своей деятельности. Сегодня большое число менеджеров и специалистов в области планирования занимаются внедрением новых, более эффективных и прогрессивных видов стратегического планирования, одним из которых является интерактивное планирование.

Суть интерактивного планирования, как одной из моделей стратегического управления, заключается в том, что в процессе выработки стратегии высшее руководство объединяет частные стратегии, разработанные в отдельных функциональных подразделениях. Её основная задача состоит в том, чтобы помогать всем членам организации спроектировать желаемое, для них будущее, поставить четкие цели и изобрести способы его осуществления.

Для успешной реализации интерактивного планирования в организации стоит помнить и в полной мере реализовывать основные принципы интерактивного планирования:

- принцип соучастия (коллективного планирования), который основан на том, что при вовлечении в процесс планирования большого количества участников достигается понимание целей организации среди её членов, а также осознание ими своих ролей в достижении этих целей;
- принцип непрерывности связан с тем, что с течением времени меняются ценности стэйкхолдеров организации, а потому в существующие планы должны

вноситься соответствующие изменения. А поскольку никакой план не может предусмотреть всё, планы должны ещё и периодически пересматриваться;

- принцип целостности, гласит, что при осуществлении планирования стоит одновременно охватить как можно больше частей и уровней организации, а также взаимосвязей между ними;

Стратегическое управление российскими высокотехнологическими предприятиями, осуществляется с учетом основных общих принципов управления, которые во многом согласуются с принципами интерактивного планирования. Так, например, принцип оптимального сочетания централизации и децентрализации в управлении тесно связан с принципом соучастия интерактивного планирования. С одной стороны, ни одно крупное высокотехнологическое предприятие не может эффективно функционировать, строить правильные достижимые цели без серьёзного, сильного, компетентного руководства, заинтересованного в деятельности компании, её успехе. С другой стороны, без учета мнения руководителей разных уровней, без согласования их целей, анализа уже существующих и возможных проблем в каждом из подразделений эффективность деятельности предприятия ставится под сомнение.

При введении интерактивного планирования на предприятии необходимо пройти пять основных фаз:

- выявить возможности и угрозы организации;
- спланировать цели, описать желаемое состояние организации;
- спланировать средства, меры;
- спланировать ресурсы;
- воплощение плана и контроль над его выполнением.

Несмотря на трудоемкость осуществления процесса стратегического планирования и прогнозирования на высокотехнологических предприятиях, проводить его все-таки необходимо. Деятельность всех организаций без исключения происходит сегодня в постоянно меняющихся условиях внешней среды, а потому основная задача руководства на сегодняшний день заключается не только в прогнозировании будущих проблем, чтобы подготовить к ним предприятие, но и в достижении в этих неблагоприятных условиях целей организации, обеспечении её роста и развития.

Анализ эффективности инвестиционных ресурсов предприятия

Федорова А.С.
Научный руководитель – профессор, д.э.н. Путятина Л.М.
МАИ, каф. ПМ

Применение тех или иных методов и показателей оценки экономической эффективности инвестиций предприятия оказывает влияние на оптимизацию управленческих решений в области инвестирования, проведение прогнозного анализа будущих денежных потоков от реализации того или иного инвестиционного проекта, решение вопросов распределения, оптимального и эффективного размещения свободных инвестиционных средств.

Методология оценки экономической эффективности инвестиционных проектов в сфере промышленного производства должна основываться на следующих положениях. Независимо от того, в какой форме произведена продукция – в материальной или в виде услуг (работ), можно выделить две категории продукции. Первая категория – продукция для внутреннего (внутрихозяйственного) потребления. Вторая категория – продукция, предназначенная для реализации внешним потребителям. К первой категории можно отнести, скажем, ремонт станка, закрепленного за механическим цехом, выполненный инструментальным цехом. Или ремонт, принадлежащего транспортному цеху автомобиля, выполненный в его собственной мастерской. Примером продукции второй категории может служить ремонт прокатного стана завода, выполненный юридически самостоятельным ремонтно-техническим предприятием на коммерческой основе. Однако, если ремонтно-техническое предприятие входит в состав интегрированного промышленного формирования, скажем, металлургического комбината, как структурное

подразделение без прав юридического лица на внутрифирменном расчете, то ремонт прокатного стана – это тоже продукция для внутреннего (внутри фирменного) потребления.

Соответственно можно выделить два вида эффекта – внутренний (внутрисистемный) эффект и внешний (коммерческий эффект). В первом случае мерой эффекта является экономия производственных издержек (эксплуатационных затрат), а во втором – прибыль.

Но абсолютные значения полученной экономии производственных издержек или прибыли от реализации продукции внешним потребителям в общем случае не могут служить объективными критериями экономической эффективности проекта, так как его реализация связана с определенными инвестициями в форме капитальных вложений.

При сопоставлении производственных издержек и капиталовложений по выставленным на конкурс проектам возможны пять случаев.

Реализация одного или нескольких проектов приведет к более высоким, чем у остальных, издержкам производства (к более низкой прибыли) и потребует больших капиталовложений. Такие варианты заведомо неэффективны. Их реализация не целесообразна.

Проект, обеспечивающий самые низкие издержки (самую высокую прибыль), требует, вместе с тем, меньших по сравнению с остальными капиталовложений. Такой проект самый эффективный. Он должен быть принят к внедрению.

Несколько проектов обеспечивают одинаковые эксплуатационные затраты (одинаковую прибыль), но требуют различных капиталовложений. В этом случае наиболее эффективным является проект с наименьшими капиталовложениями.

Несколько проектов требуют одинаковых капиталовложений, но сопровождаются различными по величине издержками производства (прибылью). Наиболее эффективным является проект с наименьшими издержками (наибольшей прибылью).

Проекты, обеспечивающие низкие издержки производства (большую прибыль), требуют, вместе с тем, более высоких по сравнению с другими проектами капиталовложений. В этом случае сравнением абсолютных величин издержек (прибыли) и капитальных вложений по каждому проекту нельзя определить наиболее эффективный из них. Здесь необходимо установить, насколько целесообразны повышенные капиталовложения в проект с наименьшими издержками (наибольшей прибылью).

Таким образом, главный, обобщающий показатель эффективности должен давать возможность соизмерить, привести к сопоставимому виду текущие производственные издержки (полученную прибыль) и капиталовложения.

Состояние и перспективы развития трудового потенциала в Московской области

Федорова Н.И.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Сивоплясова С.Ю.
МАИ, каф. 510Б
fedorova-n-i@yandex.ru

Исследование трудового потенциала региона предоставляет своевременную информацию о состоянии и развитии трудоспособного населения, может служить платформой для принятия обоснованных управленческих решений в сфере труда.С помощью количественного и качественного методов проанализируем трудовой потенциал Московской области за период 2010-2015 гг.

Положительное влияние на трудовой потенциал региона оказывают:

1) увеличение численности постоянного населения в 2015 г. по сравнению с 2010 г. на 294 440 человека;

1. увеличение ожидаемой продолжительности жизни при рождении (у женщин она увеличилась в 2015 г. по сравнению с 2010 г. на 2,22 года, у мужчин – на 3,75 года);

15. увеличение миграционного прироста (уровень миграции в 2015 г. составил 87 603 человек, что на 22 850 человек больше, чем в 2010 г.);

16. уровень занятости населения Московской области выше среднего уровня занятости по России, а уровень безработицы – ниже среднего уровня по России.

Отрицательное влияние на трудовой потенциал региона оказывают:

1. снижение численности населения трудоспособного возраста в 2015 г. по сравнению с 2010 г. на 90 569 человек;

2. низкий уровень рождаемости (в 2015 г. – 94 186 человек) и высокий уровень смертности (в 2015 г. – 94 210 человек);

3. сохранение серьезного разрыва в значениях ожидаемой продолжительности жизни при рождении у мужчин и женщин (в 2015 г. он составил 10,07 лет).

Оценка трудового потенциала Московской области с качественной стороны показала: повышение уровня образования населения, сокращение производственного травматизма и профессиональных заболеваний, повышение уровня благосостояния населения.

Анализ прогноза Росстата до 2030 г. по Московской области показал, что динамика развития трудовых ресурсов будет иметь следующие тенденции: увеличение общей численности населения, снижение доли населения трудоспособного возраста, рост экономической нагрузки на население трудоспособного возраста, снижение уровня рождаемости и уровня смертности населения, неизменность гендерных диспропорций, снижение миграционного прироста.

На основе проведенной оценки трудового потенциала, можно предложить следующие мероприятия для повышения трудового потенциала региона:

1. поддержка молодых семей в приобретении жилья, отсутствие которого порой заставляет откладывать рождение ребенка;

17. информационно-пропагандистская составляющая демографической политики в сфере рождаемости;

18. сокращение нелегальной миграции;

19. увеличение доли целевого набора студентов;

20. сокращение производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Практическая значимость работы заключается в представленной методике оценки трудового потенциала региона, которая позволяет исследовать его современное состояние и перспективы развития. Разработанные направления для повышения трудового потенциала могут быть использованы в деятельности региональных и муниципальных органов власти при разработке региональных программ и реализации государственной политики.

Моделирование механизма оптимизации ресурсного обеспечения наукоемкой инновационной продукции

Химченко В.Н., Щеулина Е.В.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Щеулина Т.В.
МАИ, каф. 506
djasti@bk.ru

Ключевые слова: наукоемкое производство, инновационная продукция, ресурсное обеспечение.

Глобальные изменения условий функционирования отечественной промышленности и науки характеризуются мгновенным и системным разрушением научно-технических, экономических и хозяйственных связей, темпом падения государственного заказа, крушением финансовой системы, социальной нестабильностью. Основной причиной катастрофического падения объема наукоемкого производства практически во всех отраслях промышленности является то, что в последнее время в России средства, централизованно выделяемые научным организациям для создания наукоемкой инновационной продукции, предоставлялись далеко не в требуемых суммах, а так же без учета необходимой индексации стоимости НИОКР в условиях инфляции.

Оздоровление экономического положения России тесно связано с восстановлением нормального функционирования сферы НИОКР. Опыт проведения производственно-

хозяйственной деятельности научными организациями в сфере НИОКР убедительно доказывает необходимость оптимизации ресурсного обеспечения наукоемкого производства. В условиях крайне ограниченных финансовых ресурсов необходимо сосредоточиться на наиболее перспективных и прогрессивных направлениях НИОКР, от которых в будущем можно ожидать максимального эффекта. Усовершенствование методологии и технологии перспективного стратегического планирования и финансирования наукоемкого сектора экономики, исследование проблем концептуального характера особенно важны в настоящее время.

Сегодня в экономике современной России доминирует сырьевой сектор, возможности которого в долгосрочной перспективе крайне ограничены. Поэтому из множества возможных стратегий экономического роста России, наиболее благоприятной является наращивание научно-промышленного потенциала, использование ресурсосберегающих, наукоемких технологий.

В настоящее время возникает необходимость поиска наиболее рационального механизма распределения средств, который позволил бы отсечь все неперспективные и неэффективные научные исследования и разработки и сосредоточить основные средства на актуальных научных направлениях, от которых можно ожидать максимального эффекта.

В 2011 г. в правительстве были приняты «Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2020 года и дальнейшую перспективу». В отличие от всех предыдущих программных документов, хочется обратить внимание на два момента. Во-первых, в данном документе обозначены национальные приоритеты, и одним из таких приоритетов является отечественная фундаментальная и прикладная науки. А, во-вторых, документ нацелен на решение вопросов интеграции НИОКР в производство.

Таким образом, длительный системный кризис всех отраслей народного хозяйства России на этапе перехода к рынку обусловил неустойчивость финансово-экономической системы и резкий спад производства. Одной из актуальныхзадач развития финансирования производства наукоемкой инновационной продукции является формирование ресурсного обеспечения производства, а также подготовка и реализация технологических, организационных и управленческих решений, имеющих инновационную направленность.

Использование когнитивных технологий для изучения удовлетворенности авиапассажиров

Тер-Маргарян А.Г., Чайковская Д.Н.
Научный руководитель – ст. преподаватель Бородина О.В.
СПбГУГА, каф.28
ndn96@ya.ru

Современные авиапредприятия активно нуждаются в эффективных способах изучения удовлетворённости клиентов. Множество исследований потребительских ожиданий авиапассажиров направлены на выявление факторов, влияющих на выбор авиапассажиром авиаперевозчика. К таким факторам относят наличие электронного билета, мобильной связи, скорость обслуживания бортпроводниками и многое другое. Постоянный мониторинг мнений пассажиров на предоставленные услуги помогает авиапредприятию оставаться победителем в конкурентной среде.

Маркетинг предлагает инструменты изучения мнений авиапассажиров - анкетирование, опрос, интервьюирование, однако по истечении срока анкетирования авиапассажир может поменять своё мнение, и компания недополучит авиапассажира, на которого рассчитывала. Авиапредприятиям необходима динамическая картина степени удовлетворенности авиапассажиров. К тому же большой объем информации, который необходимо обработать, для изучения степени удовлетворённости авиапассажира немыслим без информационных технологий. С целью маркетинга применяют

статистические пакеты (Statistica, MathLab и пр.) самым простым и самым часто применяемым инструментом является MSExcel.

Существуют современные инструменты изучения ментальности клиента, - программные и аппаратные средства, имитирующие работу человеческого мозга, они получили название «когнитивные технологии» (примером является IBMCognos). Когнитивные технологии («cognitio» – от лат. знание, познание)способны ориентироваться в глобальных неструктурированных данных, понимать сложный человеческий язык, оценивать ответы, полученные на релевантных свидетельствах, а также давать ответы и рекомендации о конкретных ситуациях. Когнитивные технологии, называют также искусственным интеллектом, не являются более чем реализацией когнитивных функций человека в заданных алгоритмах. К базовым когнитивным функциям, как правило, относят реализованные в программных алгоритмах «базовые когнитивные операции системного анализа» (Луценко Е.В.).

Когнитивные технологии были реализованы компанией IBM. Она создала суперкомпьютер, оснащенный вопросно-ответной системой искусственного интеллекта Watson, основной задачей которого является понимание вопросов, и нахождение на них ответов в базе данных. IBMWatson уже реализовала когнитивные технологии в таких программах как ChefWatson, маршрутное такси Olli, советник по финансам и многих других.

Сейчас работа с сервисом Watson возможна в облачной среде IBM. Компания IBM предоставляет разные способы доступа к своим облачным средам, - как на платной основе так и в рамках Академической инициативы (для студенческих исследований).

Студенческое научное общество «Лаборатория бизнес-процессов» (СПбГУГА каф.28) пользуется облаком IBMBlueMix, создавая собственное API пространство, в котором удаленно и совместно работают студенты. Задачей СНО «ЛБП» сегодня является получение ответа на запрос в Twitter об отношении пассажиров к сервису крупной Российской авиакомпании в международном аэропорту (на конкретную штатную\сбойную ситуацию). IBMWatson способен анализировать клиентские отзывы оставленные ими в социальной сети. Такие исследования помогут авиаперевозчику более детально изучать своих авиапассажиров и их удовлетворённость сервисом.

Базовые основы методики управления научно-техническими проектами

Фомин А.В.
ФГБУ НИЦ Институт им. Н.Е. Жуковского
andrey.v.fomin@mail.ru

Методика проектного управления предполагает разграничение деятельности предприятия на проектную и операционную и, соответственно, введение ключевого понятия – проекта, как комплекса мероприятий, в результате реализации которых к заданному сроку и при ограниченных ресурсах должна быть достигнута некая уникальная система целей. Управление проектом – планирование, координация и контроль работ по проекту, направленные на достижение целей с надлежащим качеством в рамках установленного бюджета и сроков. Дирекция по управлению проектами/программами (Департамент проектного управления, Офис управления проектами) – структурное подразделение организации, обеспечивающее реализацию процессов управления одним или несколькими проектами (программами) и имеющее в своем составе специалистов, обладающих необходимыми знаниями и навыками в области проектного управления (далее – дирекция).

Современные методологии проектного управления дают предприятиям следующие возможности:

- оптимизации механизмов управления;
- повышения систематизации всех этапов жизненного цикла проекта;
- детальной проработки планов;

- выявления критических событий, влияющих на результат, сроки и стоимость проекта;
- осуществления эффективной обратной связи на всех этапах проекта;
- обеспечения контроля, корректирующих и предупреждающих действий;
- повышения эффективности планирования ресурсов;
- сосредоточения усилий функциональных подразделений на специализированных задачах;
- повышения качества планирования ресурсов подразделений и формализации ответственности всех участников проекта;
- качественного прогнозирования результатов выполнения промежуточных этапов и проекта в целом.

С точки зрения научно-практического аспекта, и применительно к высокотехнологичным предприятиям, схема организации управления проектом может быть представлена следующим образом:

– функциональная – схема, включающая структурные элементы, ориентированные на выполнение специалистами своих функций. Такая схема характерна для так называемой постоянной организации, которая существовала до начала данного проекта и будет существовать после его завершения;

– проектная схема, предусматривающая как внедрение для управления проектами специализированных управленческих структур (дирекций или проектных офисов), так и разработку и внедрение обязательного к исполнению всеми внутренними участниками проекта пакета нормативных документов;

– матричная схема организации управления, представляющая собой сочетание функциональной и проектной организации.

Соответственно, в зону ответственности дирекций могут входить такие функциональные задачи, как: разработка бюджета проекта; разработка матрицы распределения ответственности; разработка схемы кооперации по проекту; разработка плана НИОКР; разработка плана производства; разработка плана материально-технического обеспечения (МТО); разработка плана платежей; разработка директивного план-графика работ по проекту; подготовка проектов договоров с контрагентами; контроль заключенных договоров с контрагентами; контроль выполнения план-графика работ по проекту; выработка решений о корректирующих действиях по проекту, а также подготовка отчетной документации по проекту.

Таким образом, представлены одни из базовых концептуальных основ организации управления проектной деятельностью на предприятиях высокотехнологичных производств.

Обеспечение экономической безопасности авиационных предприятий на основе информационных технологий

Часовников Д.С.
Научный руководитель – к.э.н. Казьмина И.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», каф. 71
kazminakazmina@yandex.ru

Авиастроение является одной из наиболее капиталоёмких отраслей машиностроения. Россия одна из немногих стран мира обладает полным циклом создания авиационной техники. В рамках авиационной промышленности осуществляются научные исследования, разработки, опытное строительство, испытания и серийное производство летательных аппаратов и авиационных двигателей. В связи с этим проблема обеспечения экономической безопасности авиационных предприятий особенно актуальна.

Экономическая безопасность авиационных предприятий основана на защищенности от негативного влияния внешних и внутренних угроз, а также обеспечении устойчивой реализации основных коммерческих интересов и целей государства в области национальной безопасности. Безопасность авиационного предприятия позволяют

обеспечить решение следующих задач: планирование и разработка стратегий обеспечения экономической безопасности предприятия; выявление внешних и внутренних угроз жизненно важным интересам предприятия и государства; определение качественных и количественных индикаторов финансовой и национальной безопасности, потенциальных рисков и угроз в информационном пространстве; ограничение доступа к информации, составляющей коммерческую тайну, лиц без согласия ее обладателя; и предотвращение утечки информации по техническим каналам при использовании информационных технологий.

Экономическую безопасность авиационных предприятий позволит добиться формирование системного подхода к обеспечению экономической безопасности авиапредприятий, учитывающего наличие информационных систем на предприятии. **Комплексную систему обеспечения экономической безопасности** необходимо рассматривать как совокупность правовых норм, законодательных актов, **организационно-технических мероприятий,** методов, средств и инструментов, с помощью которых обеспечивается достижения целей экономической безопасности и национальной безопасности авиационных предприятий. Обеспечениеэкономической безопасности авиапредприятий **основано на использовании соответствующего перечня организационно-технических средств и инструментов по защите информации,** циркулирующей в локальных вычислительных сетях и беспроводных каналах передачи данных**.**

Производственно-организационная деятельность на авиационном предприятии, в целях обеспечения экономической безопасности, предусматривает создание соответствующей структуры, которая позволит осуществлять анализ угроз экономической и национальной безопасности предприятия, расчет и анализ индикаторов финансовой безопасности, разработку организационно-технических мероприятий и инструментов по технической защиты информации. Однако, существуют субъективные трудности обеспечения экономической безопасности, которые обусловлены тем, что в рамках авиапредприятий могут действовать противоречивые групповые и личные интересы, которые сложно учитывать в рамках единой системы обеспечения экономической безопасности. В связи с этим основной задачей службы безопасности авиапредприятия является выявление таких направлений деятельности, которые были бы приемлемы всем субъектам экономической деятельности авиапредприятия в равной мере.

Обеспечение экономической безопасности в полной мере может соответствовать предъявляемым к ней требованиям, только в том случае, когда весь персонал понимает важность обеспечения безопасности. Достигается данная цель в результате проведения непрерывной и профилактической работы с сотрудниками авиапредприятия, их обучения различным аспектам экономической безопасности.

Предварительная оценка платежеспособности и финансовой устойчивости предприятия

Чибисова А.А.
Научный руководитель – профессор, д.т.н. Федоров А.А.
МАИ, каф. ТОМД
littlebell@inbox.ru

Анализ статистической финансовой отчетности позволяет выявить экономические плюсы и узкие места в работе фирмы в абсолютном выражении, а учет оперативных коэффициентов фиксирует относительные показатели финансовой устойчивости в сопоставлении их на основе определенных соотношений между конкретными статьями балансовой отчетности. В системе финансово - оперативных коэффициентов существуют расхождения в терминологии и содержательной оценке. Вот почему при сравнении аналитических показателей оцениваемого предприятия с предприятиями – аналогами, а также с общепринятыми стандартами необходимо придерживаться единообразия в методах расчета.

Мировой опыт изучения финансового состояния фирм и деятельности предприятий нашей страны позволил сформулировать систему показателей:

– неплатежи (просрочки по ссудам, по взносам в бюджет, задержка оплаты счетов поставщиков, погашения обязательств другим кредиторам);

– коэффициент независимости;

– коэффициент финансовой устойчивости;

– коэффициент деловой активности;

– коэффициент эффективности использования финансовых ресурсов (всего имущества);

– коэффициент эффективности использования собственных средств;

– выгодность предприятия;

– общий коэффициент покрытия по балансу;

– коэффициент участия собственных и долгосрочных заёмных средств в материальных запасах.

Общая картина финансового состояния предприятия должна быть представлена балансами предприятия как минимум за два-три года, только так можно отследить динамику к ухудшению или улучшению положения предприятия.

Финансовое состояние предприятия оценивается множеством частных показателей, но вполне достаточно применять лишь некоторые из них, которые наиболее полно характеризуют важные факторы экономического положения предприятия.

Стратегия перехода на бизнес-модель по жизненному циклу изделия

Шаталова Е.Л.
МАИ, каф.508
Elena.shatalova.1@mail.ru

В настоящее время одной из причин отставания от западных лидеров авиационной, судостроительной и двигателестроительной отрасли является отсутствие своевременного внедрения новых систем управления, направленных на организацию бизнеса по жизненному циклу изделия, соответствующей цифровой среды и инженеров-менеджеров, которые могли бы стать основой управления такой системой.

Жизненный цикл изделия – это совокупность стадий существования изделия с момента его проектирования до момента его вывода из эксплуатации и утилизации. Бизнес на жизненном цикле – это деятельность предприятия в отношении каждой стадии жизни изделия, которая обеспечивает получение прибыли. Предприятие получает непрерывный контроль над продукцией, своевременно выявляя недостатки, что позволяет мгновенно реагировать и совершенствовать изделие.

Большинство зарубежных предприятий уже перешли на ведение бизнеса по бизнес-модели жизненного цикла. Ведущие мировые производители и поставщики автомобильного оборудования (Ferrari, Bosch, Porsche) выбирают решения PTC. Эта компания произвела инновации, предоставив свою уникальную систему разработки изделия PDS (ProductDevelopmentSystem). Система включает все циклы существования изделия, имеет четкое определение основных процессов. Она объединяет в себе этапы производства, обслуживание, продажи, маркетинг, разработку и закупку у утвержденных фирм-поставщиков. Система разработки изделия позволяет автомобильной отрасли прекрасно развиваться в условиях нестабильности и перенасыщения рынка.

Все, чего мы хотим добиться, когда-то уже было достигнуто. Нам нужно только найти этот пример для подражания и спросить: «Как?».

Хотелось бы обратить внимание на то, что некоторым авиационным предприятиям, возможно, стоило бы отказаться от аутсорсинга, и взять процесс производства под свой контроль, что обеспечит целостность производственной деятельности, минимизацию издержек при послепродажном обслуживании и утилизации отжившего изделия.

Итак, в первую очередь, нужно создать модель бизнеса. Бизнес-модель представляет собой простой и понятный способ визуализации основных факторов,

влияющих на успешное функционирование изделия на всех этапах жизненного цикла. Она логически описывает, каким образом организация создаёт продукт, поставляет его клиентам и приобретает экономическую, социальную и другие формы стоимости. Чтобы построить бизнес-модель нужно найти отличительные особенности компании, для того, чтобы в будущем превратить их в конкурентные преимущества.

Следует понимать, что даже уникальный и инновационный продукт не гарантирует успешного предпринимательского будущего. Поэтому построив схему бизнеса, которая является значительной частью стратегии компании, предприниматель определяет ключевые параметры бизнеса и своё место на рынке среди конкурентов. Построение бизнес-модели по жизненному циклу изделия является гарантией устойчивого развития авиационных, двигателестроительных и судостроительных предприятий и принятия менеджерами верных управленческих решений.

Обоснование необходимости и целесообразности разработки нового технического продукта для промышленных предприятий

Шерстяных В.А.
Научный руководитель – Кулагина Я.А.
МАИ, каф. 510Б
nikasherstyanykh@yandex.ru

В начале XX века в России производством и ремонтом машин для лесопромышленного комплекса занимались более тридцати заводов с широкой номенклатурой производства. На сегодняшний день практически полностью разрушена производственная база по изготовлению техники для лесного комплекса, ликвидированы крупные заводы.

В связи с этим российские производители не способны в полной мере обеспечить спрос на технику и вытесняются иностранными организациями за счет активного патентования технических решений, а также открытия филиалов компаний. Растет использование физически и морально устаревшей техники российских, и поддержанной техники иностранных предприятий, которую транспортируют из других стран, что оказывает отрицательное влияние на эффективность работы отрасли.

Предпосылкой к разработкам и введению новых продуктов на территории страны служит введение в 2014 году санкций против Российской Федерации, которое актуализировало проблему импортозамещения, охватившего большое количество областей производства. Одними из представителей данных областей являются предприятия лесного машиностроения.

Также одной из предпосылок развития области служит «Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года», предусматривающая увеличение лесозаготовок и освоение новых массивов.

Помимо этого, следует отметить экономический потенциал лесного сектора России. Именно поэтому необходимо разработать конкурентоспособную и качественную систему новых продуктов для переработки, заготовки, транспортировки, а также древесины различные нужды.

В данной работе рассматривается текущее положение рынка машин для лесопромышленного комплекса и проводится анализ выпуска и технической оснащенность лесопромышленного комплекса техникой. Для решения данной проблемы на локальном уровне, проводится оценка возможности производства нового продукта на промышленном предприятии.

Моделирование экономического механизма выбора средств информатизации для предприятий авиапромышленности

Щеулина Е.В., Химченко В.Н.
Научный руководитель – доцент, к.э.н. Щеулина Т.В.
МАИ, каф. 506
djasti@bk.ru

Ключевые слова: информатизация, авиационное предприятие, экономический механизм.

Современная экономика в равной мере базируется на трех основных составляющих: рыночных механизмах, государственном и законодательном регулировании. Актуальной задачей является изучение и обоснование новых информационных механизмов, отражающих современную экономику, с соответствующими целями, методами, инструментами и структурами.

В последние годы экономика России развивается высокими темпами, ситуация в промышленности характеризуется устойчивым ростом. В связи с этим требуется формирование экономического механизма выбора информационных систем для предприятий авиапромышленности.

Значимость углубленного исследования проблемы выбора средств информатизации определяется тем, что информатизация управления предприятием обеспечивает высокое качество управленческих решений, позволяет существенно снизить риск возникновения ошибок и существенно сократить временные и финансовые затраты на обработку информации. В свою очередь, верные и актуальные решения обеспечивают экономический рост и увеличение конкурентоспособности авиационных предприятий.

Главной задачей, решению которой должны будут способствовать информационные технологии, станет повышение эффективности бизнеса. На укрепление и развитие такой связи как раз и должны быть направлены усилия российских предприятий по разработке, внедрению и развитию информационных систем.

Обобщая современные методы экономического обоснования разработки информатизации систем управления, можно выделить следующий перечень задач:

1. Выделить управленческие (производственные) задачи, для решения которых предприятию необходима информационная система.
2. Выбрать методы оценки экономической эффективности разработки системы, которые будет использовать предприятие. Рассчитать экономическую эффективность разработки системы.
3. Определить какие новые бизнес процессы необходимо внедрить, и реинжиниринг каких бизнес процессов необходимо провести для того, чтобы эффективность использования информационной системы была максимальной.
4. Установить правила, по которым будет осуществляться управление информационными потоками в новом режиме.

Таким образом, механизм выбора информационных систем может быть использован в практической деятельности авиационных предприятий с целью повышения эффективности управления предприятиями, повышения эффективности инвестиций в информационные технологии, роста конкурентоспособности предприятий. Практический интерес в части разработки информационных систем для руководителей предприятий, менеджеров среднего звена, специалистов по информационным технологиям, а также для организаций, оказывающих консалтинговые услуги в области разработки и внедрения современных информационных технологий управления.

Применение спутниковых навигационных систем

Бугаева Е.Д., Зайцева И.С.
Научный руководитель – к.т.н., с.н.с. Быданов Н.А.
МАОУ «СОШ №1 с УИОП МО «Ахтубинский район»
elizaweta.bugaeva@yandex.ru
irishka.zaytseva_2001@mail.ru

Идея применения искусственных спутников Земли для нужд навигации появилась еще в пятидесятые годы прошлого века, когда первый объект, сотворенный руками человека, оказался на околоземной орбите. Именно тогда, наблюдая за сигналами первого спутника, ученые на практике убедились, что частота сигнала, принимаемого от спутника, изменяется в зависимости от его положения относительно наблюдателя (проявление эффекта Доплера). Кроме того, зная точные координаты наблюдателя на Земле, можно измерить координаты и скорость спутника и, соответственно, наоборот.

В настоящее время, наиболее развитыми космическими системами, являются российская система ГЛОНАСС и американская «Navstar» или GPS.

Принцип работы современных спутниковых систем навигации основан на измерении расстояния от антенны на объекте (координаты которого необходимо получить) до спутников, положение которых известно с большой точностью.

Системы навигации широко используются на транспорте. Принимая сигнал СНС, летательный аппарат в состоянии корректировать траекторию своего движения и прибывать в назначенное место. Использование систем навигации на наземном транспорте основывается на том, что на транспортное средство устанавливается специальное навигационное ГЛОНАСС/GPS оборудование. Терминал автоматически определяет местоположение, скорость и направление движения автотранспорта с помощью приемника спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС или GPS, а кроме того, такие параметры, как: маршрут объекта, состояние подключенных датчиков.

В геодезии технология GPS позволяет решать геодезические задачи самого разного уровня. Практика показывает, что производительность труда возрастает при этом в десятки раз.

Перспективы развития системы ГЛОНАСС в России отражены в Программе на период до 2020 года. Целями Программы являются:

– массовое внедрение отечественных навигационных технологий;

– гарантированное предоставление потребителям всех категорий навигационных услуг;

– укрепление лидирующих позиций России в области глобальной спутниковой навигации;

– улучшение характеристик системы ГЛОНАСС.

Выполнение мероприятий Программы, рассчитанной до 2020 года, позволит обеспечить возрастающие потребности широкого круга потребителей за счет расширения возможностей системы ГЛОНАСС, будет способствовать модернизации экономики государства.

Замена спутников дронами. Космические спутники могут «летать» длительное время на большой высоте и с огромной скоростью, но сейчас на арене появились новые объекты: дроны. Они обходятся значительно дешевле спутников, поскольку для их запуска не нужны дорогостоящие ракеты. Находящиеся на орбите спутники приносят пользу благодаря сенсорам и аппаратуре. Если те же самые сенсоры и аппаратуру установить на дроны, они будут более эффективными.

Спутниковые системы навигации перестали быть привилегией силовых структур, они постепенно проникают и в повседневную жизнь. Рынок ГЛОНАСС в России только начинает формироваться. Однако уже сейчас понятно, что это очень важная и перспективная составляющая экономики.

Сравнение истребителей пятого поколения на примере F-22A «Raptor» и Т-50

Канубриков Д.Н.
Научный руководитель – к.т.н., с.н.с. Торопов В.А.
МАОУ «СОШ №1 с УИОП МО «Ахтубинский район»
kanubrikov.dmitry@yandex.ru

Авиация всегда находится в авангарде технического развития, а боевые истребители являются важнейшей составной частью Воздушно-космических сил. Сейчас разрабатываются, проходят испытания и поступают на вооружение истребители пятого поколения. Проведена сравнительная оценка типичных представителей пятого поколения: отечественного Т-50 и американского F-22A «Raptor». Выражению «Изделие пятого поколения» уже более 30 лет. Впервые военные и конструкторы СССР и США задумались о таком истребителе ещё в самом начале 1980-х годов. Основными признаками такого самолёта стали так называемые три «С»:

Сверхманёвренность, *сверхмалая заметность*,*сверхзвуковой полёт*.

Рассмотрение каждого из самолетов по отдельности нужно начать с F-22A, который разработан значительно раньше.

Программа F-22 оказалась одной из самой дорогостоящих в истории авиации. По оценкам специалистов, разработка и серийное производство 187 самолётов составили 62 миллиарда долларов, или около 339 миллионов в расчёте на 1 серийный истребитель. Этот самолет принято считать лучшим самолетом 21 века. Связано это с тем, что в данной модели разработчики сумели воплотить последние достижения в сфере авиации. Высокий уровень электроники и сверхмалая заметность сделали данную модель одной из самых сильных в мире.

Россия решила разрабатывать истребитель среднего класса – по своей размерности он должен был оказаться между лёгким МиГ-29 и тяжёлым Су-27. При этом отечественный истребитель должен превосходить все западные аналоги и обеспечивать разнообразие возможностей боевого применения. Как отмечалось многими специалистами, пятое поколение самолетов России отличается уникальными особенностями. В первую очередь модели привлекательны тем, что выполняют функции одновременно истребителя и ударного самолета. Кроме того, новый комплекс авионики интегрирует функцию электронного пилота. Самолеты Т-50 оснащены перспективной радиолокационной станцией с фазированной антенной решеткой. Ее особенность - в снижении нагрузки на летчика, который может концентрировать и выполнять тактические задачи. Хотя российский истребитель 5-го поколения несколько запоздал, по ряду показателей он может существенно превосходить американский аналог.

Итоги сравнения двух машин: американский истребитель выигрывает за счет его высокой малозаметности и корректируемых авиабомб нового поколения, но отечественная разработка выигрывает за счет разнообразия боевого применения, сверхманевренности с управляемым вектором тяги, технических характеристик, не говоря уже о соотношении цены и качества.

Пропущенные работы

Секция «Компьютерное моделирование и численный эксперимент»

Влияние площади расходного отверстия на величину силового момента ВДРП

Косокин В.Н.
Научные руководители – к.т.н., доцент Дунаева И.В., к.т.н. доцент Дехтяр Д.А.
ТулГУ, каф. Ракетное вооружение
kosokinman@mail.ru

Для управления полетом малогабаритных ЛА используются аэродинамические органы управления, которые приводятся в действие рулевыми приводами, среди которых наиболее энергетически выгодными являются воздушнодинамические (ВДРП).

Такие приводы используют энергию набегающего потока для создания силового момента на валу рулей, за счет разницы давлений на поворотном поршне, на передней и задней его поверхностях.

Для создания разницы давления на поверхности поршня, в задней части корпуса выполняются отверстия, обеспечивающие расход воздуха и понижение давления на одной из сторон поршня.

При попадании воздушного потока во внутреннюю полость исследуемого объекта изменяется распределение характеристик потока, в частности давления. В областях, расположенных за поворотным поршнем, образуются зоны повышенного давления. В результате открытия расходного отверстия в одной из зон, на соответствующей поверхности пластины образуется понижение давления. Образующийся перепад давлений в полостях за поршнем создает момент на поршне, под действием которого происходит его поворот вместе с рулями, жестко связанными с поршнем.

В данной работе приводятся результаты моделирования обтекания внутренней полости привода воздушным потоком и создания разницы давления на передней и задней сторонах поворотного поршня, что и определяет силовой момент рулевого привода. С целью обеспечения необходимого перепада давления было исследовано распределение характеристик воздушного потока по внутренней полости привода при различной площади расходного отверстия.

Выполненные расчёты были проведены с использованием трёхмерной модели, созданной программным продуктом SolidWorks, представляющей собой схему реального исследуемого объекта, включающую основные элементы конструкции, оказывающие существенное влияние на характер внутреннего течения потока в полостях.

На базе этой модели сформирована пространственная сетка дискретизации и определены граничные условия обтекания. В качестве граничных условий задавались давление и скорость потока, характерные для маршевого участка полёта ЛА.

Анализ параметров воздушного потока во внутренней полости привода осуществлялся на основании результатов, полученных в ходе серии расчетов с помощью модуля FlowSimulation при различных размерах расходного отверстия.

В работе представлено распределение давления внешнего потока воздуха при обтекании исследуемого объекта и линии тока. Кроме этого, приведено распределение давления по поверхности поворотного поршня со стороны входа и выхода воздушного потока. На основании этих данных построен график зависимости среднего давления, действующего на поверхность поршня со стороны расходного отверстия от его размеров.

Таким образом, анализ результатов расчёта позволил установить характер изменения перепада давления на задней стороне поворотного поршня в зависимости от размеров выходного отверстия, исходя из чего, становится возможным создание силового момента на валу. Так же получены рекомендации по размещению внутренних конструктивных элементов привода.

Расчет степени взаимного затенения солнечных антенн космических летательных аппаратов

Куи Мин Хан
Научный руководитель – профессор, к.т.н. Маркин Л.В.
МАИ, каф. 904
kyiminhan50@gmail.com

В докладе рассмотрено решение проблемы автоматизации размещения и ориентации солнечных батарей и концентраторов как на земле, так и на космических летательных аппаратах (КЛА). Цель исследования - оценить эффективность компоновки солнечных батарей как между собой, так и с другими объектами (например, корпусом космической станции). Данная задача рассматривается как оптимизационная задача математического программирования, направленная на максимально эффективное использование этих высокотехнологичных источников энергии в космических орбитальных станциях и космических поселениях. Метод решения - геометрическое моделирование космической станции и солнечных батарей с определенной ориентацией. В качестве метода моделирования использованы рецепторные геометрические модели, дискретизирующие пространство размещения как батарей, так и самой космической станции.

На основании разработанной рецепторной геометрической модели создан программный комплекс на языке C#, позволяющий моделировать эффективную площадь солнечных концентраторов. При этом разработана графическая оболочка, позволяющая увидеть численное значение полученных результатов. При работе программного комплекса после ввода информации о геометрических размерах станции и солнечных батарей (в параметрическом виде) производится перевод параметрической геометрической модели в матричную и начинается послойное сканирование сечений. В каждом слое 3D матрицы формируется 2D матрица, представляющая собой как бы срез 3D матрицы по заданной дистанции. В каждом сечении (срезе) рецепторной матрицы вычисляются площади текущего сечения солнечных батарей, эффективная (накопленная) площадь сечений солнечных батарей и накопленная площадь сечений корпуса космической станции. Эта накопленная площадь я является эффективной рабочей площадью солнечных батарей космического летательного аппарата заданной геометрии и ориентации относительно Солнца с учетом всех видов затенения солнечных батарей.

Разработанное математическое и программное обеспечение позволяет оценить эффективную площадь солнечных батарей при конкретных конструктивных параметрах космического летательного аппарата и его ориентации относительно направления потока солнечной энергии. Также описана имитационная процедура, позволяющая на основании описанной рецепторной модели оптимизировать конструктивно-геометрические параметры солнечных батарей космического летательного аппарата среди допустимых конструктивных решений.

Секция «Вычислительные системы и информационные технологии»

Перспективы развития мобильных технологий в системах профессиональной подвижной связи

Поскакухин В.Н.[1], Брильков Р.В.[2]
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Труфанов С.В.[2]
[1]ФГУП НИИР, [2]АО «МНИРТИ»
trufanov2003@list.ru

Поскольку организации общественной безопасности выполняют критически важные операции, то для успешной работы им нужны решения для голосовой и широкополосной связи, обеспечивающие передачу и обработку информации в критических ситуациях. В международной практике к узкополосным и широкополосным

сетям такого назначения применяется термин PPDR (Public Protection and Disaster Relief - обеспечение безопасности и оказание помощи при бедствиях).

Проведенные исследования выявили два основных направления развития профессиональной подвижной радиосвязи на ближайшее десятилетие:

- сохранение и полную цифровизацию сетей узкополосной радиосвязи;
- параллельное развитие сетей мобильного широкополосного доступа в интересах PPDR.

К наиболее известным узкополосным стандартам цифровой радиосвязи, на основе которых во многих странах развернуты системы профессиональной связи, относятся TETRA, APCO 25 (P25), Tetrapol, GSM-R, GoTa, CDMA-PAMR, DMR и dPMR. В Российской Федерации в период до 2025 года ожидается развитие сетей узкополосной радиосвязи в той или иной степени нескольких стандартов, однако с учетом необходимости миграции от массовых сетей аналоговой радиосвязи, наибольшее распространение скорее всего получит стандарт DMR.

Пока не будут развернуты сети широкополосной связи для обеспечения общественной безопасности в общенациональном масштабе, существующие узкополосные стандарты профессиональной радиосвязи смогут обеспечить надежное, работоспособное и безопасное соединение для критически важной голосовой связи, включая приложения PTT (Push-to-talk) и групповые вызовы.

Таким образом в краткосрочной и среднесрочной перспективе решение задач, стоящих перед радиосвязью, будет осуществляться узкополосными системами радиосвязи. Однако внедрение даже наиболее современных узкополосных цифровых систем радиосвязи является лишь переходным периодом, так как они не отвечают современным требованиям по обмену «тяжелым» контентом, таким как передача видео в реальном времени, быстрая передача файлов большого объема и пр. В среднесрочной и долгосрочной перспективе ближе к 2025 году в системах профессиональной радиосвязи ожидается переход к системам All-IP, которые обеспечат передачу голоса и данных с гарантированным качеством, и потребность в отдельных сетях цифровой радиосвязи, ориентированных на передачу голоса и не обеспечивающих достаточную скорость передачи данных, отпадет.

В качестве наиболее вероятного кандидата на возможную замену стандартов ПМР в средне- и долгосрочной перспективе рассматривается технология LTE. Однако в нынешнем стандарте 4G для использования ПМР экстренными службами пока не хватает расширенных функций телефонии, таких как быстрый вызов, Push-to-talk, подавление фоновых шумов, шифрование на уровне радиоинтерфейса, расстановка приоритетов, возможность осуществления экстренной связи даже в случае занятости всех ресурсов сети, групповой звонок и широковещание, звонки с терминала на терминал.

И хотя данный функционал возможно обеспечить в виде OTT-сервисов (Over the Top) поверх протокола IP в уже существующем стандарте LTE, например, на коммерческих сетях, надежность и эффективность таких решений оказывается ниже жестких требований PPDR. По этой причине стандартизующая организация 3GPP осуществляет доработку спецификаций стандарта LTE в целях поддержки на сетях 4G приложений общественной безопасности, что позволит обеспечить внедрение в системах профессиональной подвижной связи полноценных широкополосных услуг по передаче данных, как и массовое использование высокоскоростных сервисов путем перехода к сетям мобильного широкополосного доступа.

Методы динамического подобия в задачах моделирования динамики космических аппаратов с магнитной системой ориентации

Шемяков А.О.
МАИ
a.shemyakov@gmail.com

Технические решения для снятия начального вращения при отделении аппарата от носителя и установки первичной ориентации и переориентации космического аппарата в пространстве набирают популярность для стремительно растущего количества запусков. Одним из возможных подходов является использование магнитных систем ориентации, которые не требуют расхода рабочего тела, в отличии от реактивных систем, и их ресурс не ставит ограничений для длительности существования КА.

Для математического описания динамики магнитной системы ориентации в докладе предлагается использовать метод динамически подобного моделирования [1], который позволяет сформулировать критерии подобия для процесса гашения кинетического момента.

Сформулированные критерии подобия определяют условия наземных испытаний космического аппарата, которые заключаются в требовании равенства безразмерных комбинаций параметров для натурного и модельного объектов.

В докладе построены масштабные коэффициенты для пересчета основных динамических параметров для натурных и модельных условий.

Предложенные критерии и соответствующие коэффициенты могут использоваться для геометрического масштабирования космических аппаратов в условиях стендовой отработки макетов космических аппаратов.

Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ по государственной поддержке молодых российских ученых-кандидатов наук (МК-2284.2017.8).

Литература

1. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. М.: Машиностроение.1972. – 440 с.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абаносимов Д.О. 305, 306, 307
Абашев В.М. 513
Абдряхимов Р.Н. 660
Абдулаева А.Х. 1247
Абдуллин М.Р. 583
Абдулнагимов А.И. 772
Абкадиров Р.Р. 661
Аблясова А.Г. 429
Аболмасов В.Г. 662
Абрамова Е.В. 1136
Абрамова М.А. 1092
Абрамова О.В. 1106, 1111, 1122, 1124, 1128, 1130
Абрамцова В.В. 598
Аванесова А.С. 1037
Авдеев А.В. 572
Авдеев М.Н. 1193
Авдеенко А.Р. 1169
Авдюхина А.А. 208
Авдюшкин А.Н. 1038
Аверин С.В. 938, 948, 952, 957, 959, 961, 964
Авершин А.А. 840
Авершьев С.П. 675, 764
Авруцкий В.В. 308
Агаева Т. В. 1137
Агамиров А.А. 47
Агапов А.А. 663
Агапов И.Г. 404
Агапова А.В. 209, 210
Агафонов К.В. 158
Агафонов Н.А. 664
Агафонова В.О. 208
Агафонова Г.В. 431
Агеев Е.Л. 665
Агеева Н.Г. 1435
Агишев А.Р. 149
Агуреев Л.Е. 211
Адаменко Н.А. 419, 431
Адеев А.Х. 159
Азаматова И.Г. 599
Азиев А.С. 513
Айгузина В.В. 933
Акилин В.И. 882, 892, 893, 902, 905, 906, 907, 908, 909, 920, 925
Акимов Е.В. 841
Аккужин Н.Д. 212
Акобян К.С. 1329
Акопова Т.А. 428
Акулинин А.О. 402
Алейник И.С. 610
Александров В.В. 23, 1194
Александров М.Н. 1234
Александрова С.С. 117, 824
Алексахина Н.С. 1320
Алексашин М.М. 1303
Алексеева А.С. 373
Алексеева Е.Е. 1199
Алексеева П.А. 1247
Алексеевский Р.Ю. 584
Алексеенко А.А. 974
Алексеенков А.С. 985
Алендарь А.Д. 514, 515
Алёшин А.Е. 666
Алешин В.А. 967
Алешин М.А. 212
Алёшин Э.С. 667
Алкасов Д.И. 585
Алпаткина Ю.О. 1330
Алтунин В.А. 542, 567, 573, 583
Алтухова А.А. 1392
Альшакова Е.А. 667
Альшакова Е.Л. 667, 668
Алявдина Е.С. 213
Аманов Б. Р. 1195
Аманова А.Ж. 434
Амелин А.С. 435
Амелин М.С. 585
Аминева Г.Г. 1331
Ан Д.А. 419
Андреев А.В. 139
Андреев И.Б. 939
Андреева Л.П. 272
Андреева О.Ю. 1377
Андросович И.В. 516
Андрусенко А.П. 968
Андрющенко А.В. 843, 976
Аникин В.А. 880
Аникин К.А. 214, 881
Аносов Е.А. 1093
Аносова Н.П. 700
Антамошкин А.Н. 599
Антипов А.А. 48
Антонов В.И. 77
Антонов Д.О. 49, 374
Антонов П.А. 669
Апраксина А.В. 882
Аракелян Д.В. 1001
Арефьев Н.Н. 1068
Арифуллин А.И. 1094
Аркадьев Д.В. 160
Арсентьева М.В. 570, 574, 1149
Арсеньева Н.В. 1404, 1433
Артамонов А.К. 670
Артамонов Е.А. 1094, 1332
Артамонов К.А. 884
Артамошина К.Д. 1248
Артемчук Н.В. 517
Артемьев И.В. 844
Артюшик В.Д. 1393
Архангелов А.Г. 161
Архипов Д.В. 518
Арцимович А.И. 1303
Асадулин В.А. 161
Асланов В.С. 1053
Астапов В.Ю. 86, 1011
Астапов Ю.В. 309
Астафьева С.Н. 883
Астахов М.О. 375
Астрецов Д.В. 619, 620
Атавина А.В. 671
Атаманов Э.В. 672
Аушкин Г.И. 507
Афанасьев А.Ю. 42, 592, 953, 971
Афанасьев В.А. 532, 536, 590
Афанасьев Д.М. 611
Афанасьева Л.Е. 354
Афанасьева М.Н. 1038
Афанасьева Н.А. 550

Афанасьева О.А. 1402
Афанасьева О.В. 1095
Афлятунова Г.Р. 1333
Афонин А.А. 842, 877
Афонина О.А. 1351
Ахмадиев А.Ф. 116
Ахмед С.Х 1096
Ахмедянова А.Р. 1195
Ахрамович А.А. 1196, 1202, 1243
Ахрамович С.А. 25, 127
Ахунова А.Х 329
Ахунова А.Х. 322
Ашарина Е.А. 673
Ашурбекова Д.И. 969
Ашурков А.А. 970
Бабаевский П.Г. 422
Бабайцев А.В. 310, 311
Бабаян П.В. 722
Бабенко Д.Н. 518
Бабиев Ю.А. 215
Бабин С.В. 176, 373, 1016
Бабичев С.Г. 884
Багаутдинов А.Р. 586
Баженов А.Н. 1012
Базаев А.Н. 1197
Базанов А.С. 1304
Байков А.Е. 1037
Баимова А.В. 885
Баймуратова Д.Б. 674
Байрамов К.Р. 161, 168, 169
Бакиев М.Т. 1338
Бакшеев С.И. 675
Балабанов В.А. 311
Балакирев Н.Е. 766, 779
Балдин А.Д. 435
Балкен Д.Б. 140
Балыш А.Н. 188
Бандорина Е.М. 1138
Барабанова О.А. 252, 283
Бараев Д.И. 216
Баранов П.Н. 755, 884, 914
Барановски С.В. 1003
Бардакова К.Н. 381
Бардин Б.С. 1038, 1043, 1052
Баринов А.В. 121
Баринов М.А. 886
Баркова Э.О. 189
Барменков Е.Ю. 1197, 1198, 1205, 1211
Барсегян О.С. 312
Барсуков О.М. 746
Басараб А.И. 49
Басий А.Ю. 1383
Басков Ф.А. 217
Батиков А.А. 122
Батов И.А. 519
Баторова Ю.А. 376
Батраков О.В. 520
Батурина В.С. 50
Бауржанулы И. 559
Бачеева А.В. 218
Бегунова М.Г. 1097
Безобразова Е.А. 1394, 1438
Безъязычный В.Ф. 100, 490
Бейгер Н.М. 1098
Бекаев А.А. 314
Бекетов А.С. 676
Беклемишев Н.Н. 331
Беклемищев Ф.С. 969
Бекренев Н.В. 333
Бекузин В.И. 933
Белевцев А.М. 661
Белевцов В.А. 75
Белимов В.Д. 436
Беличенко М.В. 1039
Беличенко С.С. 437
Беличук А.А. 970
Белкин А.А. 691, 757
Белкин В.С. 219
Белков А.А. 1139
Белов П.Г. 1362
Белова М.А. 934
Белова С.Б. 673, 1354
Белова С.Е. 536
Белозубова Л.А. 1068
Белоногов В.Д. 853
Белоусова В.Д. 1199
Беляев А.В. 476
Беляев А.Ю. 313
Беляев Е.Д. 887
Беляев И.И. 888
Беляева В.А. 935
Беляева И.А. 215
Беляева М.М. 901
Беляева Н.В. 141
Беляков А.Ю. 76
Беляков В.А. 560
Белякова Н.Г. 1040
Бердина Е.А. 1200
Бережнов В.И. 220
Бережной Д.А. 845
Бережной Д.В. 474
Березко М.Э. 7
Берёзов Н.А. 971
Березуев А.В. 41, 857
Берестюк Е.А. 142
Беспалов А.В. 254
Беспрозванных К.Х. 438
Бессарабов А.М. 162
Бехтина Н.Б. 8
Бизюкин Г.А. 677
Бикбулатов А.В. 314
Бикбулатов В.Ф. 521
Бикмухаметов Д.А. 678
Бирюк В.В. 1315
Бирюков Б.Л. 1059
Бирюков В.И. 571, 576
Бирюков Г.А. 1305
Бирюкова К.С. 678
Благинин Д.В. 934
Блатиков Г.А. 70, 180
Блонцева Ю.А. 314
Блохина А.В. 220
Блудов А.В. 8
Бобрешов В.В. 679
Бобрик А.А. 522
Бобров А.А. 122
Бобров М. А. 1201
Бобронников В.Т. 134
Бобрышев Е.Б. 1198
Богатырева Е.А. 680

Богач Е.С. 1339
Богдан Е.С. 1249
Богданов А.В. 77
Богданов А.С. 649
Богданов С.О. 77
Боголюбов А.А. 67
Бодрова Л.Г. 1250
Бодрышев В.В. 348, 513
Бойцов А.Г. 261, 265, 449, 451, 463, 493
Боков М.М. 1218, 1354
Болдырев А.В. 114, 611
Болдырева А.В. 1196, 1202, 1204
Болдырева Л.Б. 1286
Болотеин А.Н. 551
Болотин И.С. 1256, 1280
Болотина А. И. 1069
Большаков Д.А. 599, 600
Большаков С.И. 1378
Бондаренко А.В. 1394
Бондаренко Д.С 1003
Бондаренко И.С. 439
Бондаренко Р.Н. 681, 682
Бондарь А.В. 1379
Борзов В.И. 1202, 1229, 1236, 1243
Борзоногов А.А. 163
Борисенко Н.С. 1251
Борисов А.А. 221, 222
Борисов А.М. 98, 230, 406, 880, 902
Борисов Ю.Ю. 612
Борисова Е.В. 1193, 1196, 1203, 1204, 1206, 1207, 1208, 1217, 1220, 1222, 1240
Борисова М.А. 1252
Боровик И.Н. 561
Бородин В.В. 650
Бородин И.Д. 76, 1004
Бородина О.В. 1444
Борозный А.А. 683
Бортаковский А.С. 1061, 1066
Борунова Т.И. 440
Босяков М.Н. 224
Ботолов Н.И. 684
Бочаров А.С. 940, 963
Бочарова Р.Р. 684
Бочкалов А.И. 51
Бояркина В.А. 1334
Боярский Г.Г. 1334
Брагин В.А. 78
Браун С.А. 720, 814, 819
Брацун А.Ю. 164
Брегнова А.В. 1253
Брехов О.М. 697, 713, 723, 729, 738, 813, 973, 994
Брильков Р.В. 685, 1454
Бритвин Н.В. 613
Бриштель Я.С. 376
Брусенцова В.Ю. 1306
Брусникин П.М. 686
Брусов В.С. 15
Брюханова Е.Н 623
Бублик Д.А. 1380
Бугаева Е.В. 889
Бугаева Е.Д. 1451
Буй Ши Хань 614
Буйлина Е.Е. 1140, 1254
Букин А.Г. 754
Буланов В.С. 1070
Булгин Д.В. 846
Булыгин А.С. 687
Булыгин М.Л. 601
Булычев Р.П. 847, 848
Булычев С.Н. 196
Бураков М.В. 142
Бураншина Р.Р. 225
Бурдуковская Н.Н. 599, 600
Буренин А.А. 336, 1024
Буренко Т.Б. 51
Бурикова В.И. 1255
Бурлов В.Г. 688, 1062
Бурнаев А.В. 225
Буров А.Н. 123
Буров С.В. 226
Буртасова М.В. 315
Бурукина А.А. 1335
Бурыгин А.О. 689
Бурьян А.В. 1331
Бусурин В.И. 690
Бусыгин Е.С. 1136
Бухалов В.И. 316
Бухаров С.В. 377, 384, 390, 391, 395, 401, 414, 420
Быбочкин Д.В. 1002
Быданов Н.А. 998, 1451
Быстрянский А.А. 691
Быховская К.А. 1099
Бычков Н.Г. 308
Бычков П.С. 317
Бышов В.С. 692
Вавилов В.Е. 933, 936, 952
Вавилов Д.С. 318
Вагапов У.Д. 972, 987
Важенин Н.А. 609, 617, 639
Вайнштейн В.Л. 692
Вакульчук В.И. 77
Вакурин А.О. 693, 1170
Валайтите А.А. 614, 615
Валевин Е.О. 377
Валеев А.Р. 378, 394
Валеров К.В. 23
Валиев Х.Х. 379
Валитов В.А. 329
Валынга С.О. 165
Ванак И.Э. 616
Ванцов С.В. 823, 891, 900
Ванчурин М.Д. 1203
Варданян Е.С. 196
Вартанов М.В. 510
Варфоломеев М.С. 441
Василевский Д.О. 560
Васильев А.М. 923, 928
Васильев В.А. 1195, 1201, 1210, 1226, 1227, 1228, 1233, 1238, 1239, 1242
Васильев Г.И. 835
Васильев С.В. 694
Васильев Ф.В. 835, 838, 884, 898, 903, 910, 921
Васильева А.Д. 1256
Васильева Е.В. 889
Васильева С.Н. 52
Васильков А.А. 441
Васимова И.Н. 442
Васина А.А. 1071

Васькова Е.А. 1336
Васькова Я.И. 1336
Вафин Р.И. 890
Вахтерова Я.А. 53
Вебер Ф. Л. 8
Веденская Т.Е. 1118, 1125
Ведер Б.Р. 443
Ведьманов И.С. 973
Великов А.Ф. 227, 228
Величко А.В. 1154
Вельможко И.Н. 1160
Вердиян Э.Г. 522
Веремеенко К.К. 845
Веретенников И. Ю. 1337
Верещиков Д.В. 14, 68, 69
Версин А.А. 523
Верхотурова П.О. 53
Веселова Е.Ю. 773
Виеру Б. Г. 54
Визильтер Ю.В. 769
Викулин А.В. 457, 514, 515
Викулин М.А. 695
Виленский В.В. 841
Вилимок Я.А. 319
Вин Ко Ко 142
Виндекер А.В. 166
Винникова К.В. 1395
Виноградов А.В. 230
Виноградов Р.Е. 221, 229
Виноградова Е.В. 587, 1099
Винокуров Д.А. 197
Винокуров П.В. 937
Витковский Е.В. 443
Вицукаев А.В. 626, 632
Вишенкова Е.А. 1041
Владарская М.С. 1338
Власенко А.Н. 444, 696
Власов О.Ю. 9
Власов С.В. 398
Власова Е.М. 1204
Власова С.В. 1133
Внучков Ю.А. 1434
Воеводин П.С. 150
Войтковский С.В. 891
Войциховский В.С. 1307
Волгин В.М. 70, 478
Волегов П.С. 323, 349, 363
Волков А.В. 319, 698
Волков А.К. 697
Волков А.С. 699
Волков В.А 320
Волков В.С. 390
Волков Г.А. 132
Волков Г.М. 1054
Волков Е. В. 1042
Волков Н.Н. 796
Волков С.И. 892
Волкова А.В. 699
Волкова Д.Н. 1100
Волкова О.О. 55
Волошенко К.В. 167
Волхонский А.Е. 81, 438, 484
Волынчук А.И. 524
Вольский С.И. 960
Вольсков Д.Г. 544
Воробьев А.Г. 560
Воробьёв А.Г. 167
Воробьев Д.Н. 893
Воробьёв Д.Н. 892
Воробьёва А.Ю. 1141
Ворожейкина М. В. 1349
Воронин А.П. 24
Воронин А.С. 700
Воронин К.Е. 849
Воронин П.А. 1396
Воронин С.В. 216, 321
Воронина Н.Ф. 1260, 1409, 1410
Вороничева И.А. 445
Воронко Д.С. 10
Воронцов В.А. 135, 137
Воропаев В.В. 938
Ворошилин А.П. 79, 80
Ворошнин Д.И. 1338
Воскресенская И.И. 208
Востриков А.В. 712
Востриков Н.С. 1005
Вуколов П.Ю. 446
Вулпе М.Н 231
Вятков В.В. 539, 545, 555
Габайдуллина К.М. 232
Габрелян А.С. 938
Гавриков Н.С. 617
Гаврикова Н.М. 151
Гаврилин И.А. 306
Гаврилков С.А. 1204, 1220
Гаврилков С.А. 1202
Гаврилов А.В. 701
Гаврилов К.Ю. 630
Гаврилов М.М. 702
Гагарин А.П. 676, 747
Гаджиев Э.В. 628
Газзаев А.-Б.В. 562
Газзаев А.-Б.В. 190
Газизова А.Ю. 894
Гайнанов Д.Н. 703
Гайнутдинов Р.Р. 844
Галаган В.С. 1397
Галиева Э.В. 322
Галимов Э.Р. 232, 295, 374, 400, 405
Галкин В.И. 469, 504
Галкина Е.Е. 1332, 1342, 1346, 1364, 1373
Галушка В.А. 895
Гаммал А.С. 151
Ганзен М.А. 488
Гаранин С.А. 168
Гареев А.М. 204
Гареев А.Р. 381
Гаршина А.А. 81
Гасилов М.С. 81, 82
Гасымова А.Ф. 1257
Гатауллин Р.Р. 939
Гафиятуллина С.И. 386
Гвоздарёв Р.С. 598, 602
Гвоздева М.А. 1339
Гвоздева О.Н. 218, 225, 233
Геворгян А.А. 1043
Геворкова А.В. 935
Генов А.А. 139
Герасименко Н.А. 563
Герасименкова А.Е. 1141

Герасимов М.В. 214
Герасимов Р.М. 323
Герасимов Ю.В. 191
Герке С. Г. 1205
Герман М.А. 218, 234
Гиголо А.И. 634
Гидаспов В. Ю. 1031
Гимбицкий А.В. 594, 595
Гитинаев И. М. 1206
Гифер П.К. 1231
Гладкий С.И. 896
Гладков В.А. 307
Гладкова Ю.П. 704
Глудкина М.С. 602, 704
Гойкочеа М.Л.Б. 1111, 1116, 1117
Голдобина С.Ю. 705
Голева А.И. 706
Голесов М.Д. 83
Голиков В.А. 447
Голикова Г.Н. 1055
Голов Р.С. 585, 1317, 1319, 1425
Голованова Т.В. 1370
Головачев А.Г. 1023
Головина О.А 1072
Головнев А.В. 46
Голомазов А.В. 707
Голубев Д.А. 708
Голубев Ю.Ф. 151
Голубничий А.В. 603
Голубович Д.А. 84
Гольдштейн Р.В. 337, 344, 369
Гондаренко Ю.А. 8
Гончаренко В.И. 763, 849
Гончаров А.В. 448
Гончаров В.М. 974
Гончаров В.Ю. 1056
Гончаров С.С. 291
Гончарова М.А. 1321
Горбачев С.И. 1352
Горбунов Д.А. 1055
Горбунов М.С. 709
Гордеев И.С. 324
Гордеев С.В. 564
Гордейчук С.Н. 1207
Гордейчук С.С. 1142
Гордиенко П.В 850
Гореленков Д.П. 152
Гореликов Л.Ф. 710
Горелов А.О. 896
Горелов Ю.Г. 525
Городилов В.А. 682
Горожеев М.Ю. 892, 912
Горчаков А.Я. 710
Горченко Л.Д. 168
Горшков А.А. 169
Горюнова А.И. 235
Горячева И.Г. 346, 372
Готовцева Т.А. 413
Грабин Б.В. 130
Грановский В. В. 1191
Грасько Т.В. 526
Грачев М.В. 449
Гребенюк В.С. 526
Гребенюк Е.И. 904, 910, 913, 926
Григоровский В.В. 170
Григорьев И.В. 85
Григорьев И.С. 1055, 1062
Григорьев Р.Н. 851
Григорьева А.В. 897
Григорьева А.Р. 1398
Григорян Н.В. 1029, 1030
Гринев А.Ю. 624
Гришанович Д.В. 1381
Гришанович И.А. 1101, 1381, 1388
Громаков Ю.А. 612, 648, 651
Грумондз В.Т. 14, 33
Грунин А.А. 236
Грунин А.Н. 514, 515
Грунтович Н.В. 59
Грушин И.А. 237
Губанов К.А. 940
Губанова С.Е. 1287, 1397
Гуереш Д. 11
Гузанова А.Е. 852
Гулай В.Ю. 698
Гулянов А.С. 746
Гумбат-заде Х.Т. 1101
Гумерова Р.Х. 954
Гунькин А.М. 941
Гурина Т.А. 1051
Гурковский А.В. 604
Гуров О.А. 712
Гурченков А.А. 1029, 1030
Гурьев Э.Е. 481, 587, 1099
Гурьянов А.И. 534, 537, 545
Гусаков А.Г. 1399
Гусаков Д.В. 936
Гусаркин С.Н. 85
Гусев В.Г. 527
Гусев Д.Е. 221, 222
Гусейнов А.Б. 179, 181
Гусилетов А.А. 1340
Гуснин С.Ю. 735, 749, 787
Гуськов Д.В. 324, 379
Гущин А.Н. 827
Давлеткильдин Г.Ш. 380
Давлеткулов А.Ф. 381
Давлетшина Ю.М. 1258
Давыденко Д.В. 96
Давыденко Л.В. 258
Давыдов С.А. 325
Давыдова Е.В. 1259
Дадушко Е.Н. 1341
Далингер Я.М. 426
Данилов А.М. 713
Данилов С.А. 392
Данилова К.С. 1308
Данилочкина Н.Г. 1431
Данышева Н.С. 83
Даньшина П.В. 1400
Дарибаева Н.Т. 1057
Дацюк М.М. 1401
Девятилов Д.И. 714
Девяткин А.С. 715
Дедовец А.Е. 326
Дежин Д.С. 945
Демаков А.А. 239
Демин Г.Р. 122, 190
Демина Т.С. 381, 412, 423
Демчук В.А. 694

Денискина А.Р. 1215, 1245
Денисов А.М. 1250, 1257, 1272, 1283, 1299
Денисов М.В. 49
Денисов Р.А. 450
Денисова О.И. 1092, 1093, 1095, 1102, 1104, 1108, 1114, 1119, 1120
Денишева Ю.Р. 1260
Дергунова Д.Ю. 853
Деревлёв Д.А. 1342
Деревягин С.А. 1102
Дехтяр Д.А. 1453
Джаджарми М. М. 451
Джафаров Н.К. 1075, 1088, 1091
Джораев С.Б. 528
Дзгоев В.О. 715
Дзгоев Т.Р. 452
Дзюба Д.В. 811
Дианова Е.В. 1322
Дикова Д.А. 453
Дителева А.О. 240, 241, 242
Дмитриев А.С. 378, 394
Дмитриев В.А. 716
Дмитриев В.М. 942
Дмитриев Р.В. 1402
Дмитриев С.С. 124
Дмитриев С.Ю. 1006
Добринский А.М. 717
Добровольский И.С 529
Доброхотов Р.А. 718
Добрянский В.Н. 327
Добычина Е.М. 636, 643
Довгаль М.В. 454
Довгенко Н.П. 244
Догадкин Н.С. 444
Долгин А. Е. 1103
Долгов О.С. 108
Долгова М.И. 243
Долгушкин И.С. 12
Донцов А.А. 986
Доренский М.Ю. 25
Дородников А.Н. 238
Дроботов В.Б. 371, 1432
Дроголова Е.Ю. 1171
Дроздов С.Н. 1007
Дрягин И.О. 618
Дубинский М.О. 1322
Дубравин Ю.А. 1033
Дубров Ю.С. 285
Дуброво А.И. 719
Дубровский Н.А. 720
Дудинских А.В. 1261, 1440
Дудкин С.О. 686
Дудник В.В. 550
Дудченко А.А. 393, 408
Дулин В.В. 17, 1342, 1347
Дулькина Я.А. 1208
Дунаева И.В. 1453
Дурдыев М.Х. 86
Духновский Д.А. 1172
Душкина Е.П. 853
Дьяков И.Г. 226
Дьячков К.В. 890
Дюг А.Ю. 87
Дядюра М.О. 619, 620
Дятлов А.В. 245
Дятлов В.А. 376
Дяченко С.А. 854
Е Вин Тун 1010
Евдокименков В.Н. 979
Евдокимов С.А. 454
Евдокимов Я.А. 940
Евкарпиев Д.Д. 1010
Евстифорова Д.В. 1323
Егоров А.С. 720
Егоров В.В. 856, 919
Егоров О.В. 145
Егорова Е.К. 750
Егорова Ю.Б. 258, 264, 287
Егошин Е.О. 171
Ежов А.Д. 1008
Ежов А.С. 1403
Елеонский С.И. 327
Елинсон В.М. 430, 433
Елисеев А.Н. 898
Елисеев Д.А. 564
Елисеева А.А. 1344
Елисеева А.Ю. 382
Елистратов Д.О. 56
Емельянов А.В. 992, 1037
Емельянов В.Н. 220
Емельянов Д.О. 1354
Енченко В.А. 714
Епанешникова И.К. 618, 897, 1439
Епифанцев С.В. 671, 680, 726, 744, 762, 778, 779, 803
Еремеев В.В. 246
Еремеев Н.В. 246
Еременская Л.И. 1381
Еремин А.М. 621
Еремина А.Ю. 1409
Ерзиков А.М. 586
Ермаков С.А. 985
Ермакова Н.О. 1343
Ермохин Е.А. 455
Ерошина Р. Н. 1403
Ерфилова А.Е. 1309
Ершов Д.Н. 855
Ершов И.А. 721
Ершов М.Д. 722
Ершов С.О. 859
Есипов А.А. 847, 848
Есипов П.А. 1043
Ефанов В.В. 968, 978, 993
Ефименко А.Б. 26
Ефимов Е.Н. 621
Ефремов А.В. 23, 26, 27
Ефремов Е.В. 27
Ефремова О.А. 1262
Ешелькин Д. А. 1009
Жадик Д.А. 1404
Жаднов В.В. 564
Жариков Е.В. 418
Жарков Е.А. 1057
Жаров М.В. 442
Жданов А.А. 723, 994
Жданов П.А. 723, 973
Жданова Д.С. 1263, 1264
Жезлова Е.А. 328
Железняк О.А. 942
Желтухин А.В. 247

Желтухин Р.В. 248, 249, 250
Жеребцова С.О. 1103
Живов А.В. 724
Жигалов Д.В. 391
Жигалова М.Ю. 329
Жигулаев А.А. 1345
Жидович А.О. 225, 251
Жирихин К.В. 88
Жиров А.Ю. 49
Житников Ю.З. 279
Жуков А.А. 416, 429, 895, 917, 926
Жуков А.Ю. 1346
Жуков Д.М. 622
Жуматаева Ж.Е. 1058
Журавлева О.В. 1173
Журбенко Н.Л. 1108, 1129
Журбина Е.В. 251
Журов М.А. 330
Заболотнов Ю.М. 150
Заболотская К.В. 383
Завьялов М.Л. 1143
Завялик И.И. 56
Загаровский А.А. 331
Загидуллин А.Д. 429
Заговорчев В.А. 172, 198, 199, 200
Задачин А.В. 943
Задойнов А.В. 724
Зазеркин А.С. 898
Зайвый А.О. 530
Зайцев А.В. 71, 863, 974
Зайцев И.А. 456
Зайцев П.А. 1040
Зайцев С.С. 725
Зайцева И.С. 1451
Зайцева Н.А. 1265
Зайцева Н.С. 27
Зайцева С.С. 57
Зайченко А.А. 663
Закиров А.Ю. 125
Закиров Э.Р. 79, 80
Заковряшин А.И. 605
Закусилов В.П. 1358, 1374
Залялетдинов Н.Д. 899
Замула Г.Н. 389
Занегин С.Ю. 944
Занина К.О. 88
Запалова А.В. 221, 222
Заранкевич И.А. 565
Зарешин С.В. 726, 762
Зарубин К.С. 588
Затолокина А.Р. 1266
Захаров А.С. 252
Захаров И.В. 972, 975, 987
Захаров М.А. 913
Заяц М.А. 530
Заяц Ф.В. 623
Зве Маунг Маунг 900
Звонарев С.Л. 531
Звонарева Г.А. 718, 765, 820, 832
Звонкин Д.Р. 727
Звягинцева И.И 1405
Зеленина И.В. 377
Зеленова Е.В. 566
Зеленцов А.Б. 1266
Зелепугин А.С. 332
Зелепугин С.А. 332
Земляная В.А. 457
Землянская А.П. 1144
Землянская Н.Б. 1200
Земсков А.В. 325
Зернов В.И. 122, 190
Зернова А.М 901
Зиборов В.С. 416
Зигангиров А.Н. 589, 590
Зименков Д.Р. 1268
Зиненков Ю.В. 519, 520
Зинин А.В. 90, 1212
Зинин А.С. 332
Зиновьев Я.В. 89, 425, 1386
Зиновьева Е.М. 1174
Зинчук А.А. 587
Злобин К.Р. 998
Злобина И.В. 333
Золкин П.И. 380
Золотарев А.Ю. 28
Золотухин А.А. 458
Зорин А.А. 153, 155
Зотов А.А. 1104, 1363
Зотов С.А. 1347
Зубакова Е.Г. 728
Зубеева Е.А. 1438
Зубеева Е.В. 1324, 1328, 1394, 1406, 1412, 1433
Зубканс А.В. 729
Зубков Н.В. 1197
Зубова Д.Д. 90
Зубрилин А.М. 532
Зуев К.В. 384
Зуева О.В 253
Зуева Т.И. 1405
Зюлина А.В. 1347
Зяблицева О.В. 496
Ибатуллин И.М. 386
Ивакин С.А. 173
Иванов А.А. 254
Иванов А.Е. 225
Иванов А.С. 319, 334, 719
Иванов Б.С. 211
Иванов В.А. 152, 153, 155
Иванов В.Н. 1406
Иванов В.С. 589
Иванов Г.С. 856
Иванов Д.А. 212
Иванов Д.М. 1348
Иванов Е.Д. 1348
Иванов И.Э. 1031
Иванов М.А. 1175, 1176, 1179, 1190
Иванов Н.Г. 611
Иванов Н.С. 193, 883, 898, 935, 938, 941, 944, 945, 949
Иванов С.В. 1065
Иванов Ю.П. 730, 1064
Иванов Ю.Ф. 288
Иванова А.Н. 208
Иванова Е.В. 208
Иванова М.О. 1279
Иванова С.А. 730
Ивашин Э.С. 1269
Иващенко М.В. 1105
Ивонина А.И. 1270
Ивушкин О.В. 590

Игнатенко П. П. 1349
Игнатов Д.О. 459
Игнатов М.П. 470, 518
Игнатьев Т.И. 731
Игнатьев Ф.Н. 905
Игроков Л.А. 732
Идрисов Д.М. 335
Изгарев А.В. 855
Измайлов А.А. 624
Илиеш Д.В. 902
Илова А.А. 1140, 1254
Ильин В.Н. 995
Ильин Е.В. 215
Ильина А.В. 732
Ильинская О.И. 417, 464, 477, 1366
Ильичёва А.Д. 567
Ильясов Р.И. 959
Имаметдинов Э.Ш. 385
Инютин С.А. 61
Иосифов П.А. 96, 492, 497
Ипатов М.С. 533
Ипполитов С.В. 851, 1269
Иргалеев И.Х. 29
Исаенкова Ю.А. 255
Исмагилов Ф.Р. 933, 936, 958
Истратий А.Ю. 1248, 1252, 1255, 1295, 1309
Исупова К.С. 1429
Исхаков В.С. 386
Иутин Р.В. 256
Ишкильдина Н. С. 1209
Ишутин Д.В. 1175
Кабалин И.Ю. 460, 1170
Кабанов А.С. 1334, 1356, 1361, 1367
Кабанова Ю.А. 243
Кавченко Е.В. 257
Каданцев В.М. 13
Кадыева Л.М. 58, 761
Кажичкин С.В. 88
Казаков В.А. 406, 880, 902
Казаков С.Б. 1175
Казаков С.И. 903
Казакова А.Е. 1210
Казакова А.Н. 733
Казакова Н.В. 1054
Казанцев А.С. 461
Казанцев В.В. 90
Казанцева Д.А. 1145
Казеннов Д.С. 1176
Казённов И.С. 565
Казначеев П.А. 625
Казуров А.В. 419
Казьмина И.В. 1446
Каинг М. 336
Калайтан А.А. 625, 632
Калатур Н.П. 688
Калачев О.Н. 436, 465, 485, 494, 505
Калашников А.И. 462
Калашников А.С. 303
Календжян К.К. 30
Каленюк А.А. 734
Калинина К.Л. 534
Калмыков А.В. 975
Калошина М.Н. 1322, 1326, 1327, 1329, 1382, 1394, 1398
Калпина Н.Ю.. 1347
Калягин М.Ю. 171, 178
Камалетдинов Н.С. 1177
Камалиева Р.Н. 387
Камалов А.Н. 386
Каменский И.В. 638, 646
Кан Ю.С. 52
Канель Г.И. 416
Канубриков Д.Н. 1452
Канчели Е.Д. 1271
Капанский А.А. 59
Капустин В.И. 679
Карасёва Я.С. 32
Карабут В.В. 550
Караваева Е.Д. 31
Караваева О.П. 173
Карамнова Л.В. 1178
Каранэ М.М.С. 60
Карапетян Т.С. 1241, 1363
Карасев Н.С. 735
Каращан С.В. 626
Карбовская В.В. 1406
Карева Е.В. 857
Карепин П.А. 1221, 1237
Каримов А.Р. 857, 946, 947
Карпежников Е.И. 33
Карпов А.П. 258
Карпов Г.А. 627
Карпов С.В. 201
Карпухин Е.О. 613, 637, 642, 810
Карпушин А.А. 904
Картуков А.В. 33, 34
Картушина Н. В. 1132
Картушина Н.В. 998, 1157
Карякин Д.А. 35
Касаткин В.Г. 149
Каспарова Е.А. 337
Касымова Е.А. 257, 259, 260
Касьянов С.В. 1223, 1235, 1244
Катков В.А. 201
Каткова Е.И. 174
Кафланова А.К. 1146
Кахраманов Р.М. 327, 338
Кахробай М.К. 463
Кацман Н.И. 1012
Качмар М.Б. 1350
Кашина Е.А. 1272
Каширская Е.А. 374
Квашенникова О.М. 1407
Квашнин В.М. 715, 799
Квятковский О.Ю. 161
Кейно П.П. 662, 724, 736, 741, 774, 776, 784, 786, 810, 830, 839
Кианианфар М.М. 261
Кибзун А.И. 703, 1057
Кизимов А.Т. 646, 852
Килиманов К.А. 857, 946, 947
Кильдюшевский М. В. 1214
Ким В.П. 566
Ким Н.В. 992
Ким Чжи Хюн 464
Кипин И.А. 465
Кипиченко Д.О. 91
Киреев А.А. 986
Кириллин А.В. 1020
Кириллов К.С. 948

Кириллов Н.В. 737
Кириллова А.В. 208
Кириллова А.М. 535
Кириллова А.Н. 568
Кириченко И.Е. 1351
Кириченко Ю.Н. 1058
Кирсанова Н.А. 1408
Кирюшина В.В. 175
Киселев В.О. 905
Киселев М.О. 465
Киселева А.П. 1352
Киселева В.К. 1273
Кисельман Д.А. 1211
Кислинский В.Н. 879
Кислуха А.Е. 1389
Китаев В.Д. 1199
Кишкель М.Л. 737
Кияшко В.С. 196
Кладос А.Д. 1409
Клепиков Д.С. 521
Клесарева М.В. 192
Климашева А.В. 1273
Климашевская О.В. 1147
Клименко А.В. 729, 738
Климов Е.А. 92
Климов И.С. 92
Климович А.Г. 1212
Клюев А.О. 466
Кнапп И.А. 604
Князев А.А. 739
Князев М.И. 237
Князев О.В. 798
Князева К.А. 1381
Князьков С.В. 740
Кобелев Н.С. 668
Кобзев Е.А. 176
Кобзева И.Н. 944
Кобко Г.Г. 1004
ков С.В. 324
Ковалев А.В. 741
Ковалёв И.А. 247
Ковалев К.Л. 944
Ковалева Н.Н. 1154
Ковалева Я.В. 1179
Ковалевич М.В. 448
Коваленко И.С. 742
Коваленко К.А. 76
Коваль С.Н. 536
Коган Е.А. 1137, 1146, 1150, 1161, 1162, 1392
Когой Т.В. 828, 886
Козаренко А.А. 35
Козлов А.А. 561, 575
Козлов Д.В. 1075
Козлов Н.А. 376, 427
Козлова А.С. 743
Козлова Е.Г. 1247, 1265, 1273, 1290, 1309
Козлова Е.С. 905, 1180
Козловская А.С. 388, 422
Козорез Д.А. 982, 988
Козырев Н.С. 1213
Козяков Я.Е. 744
Койфман К.Г. 339
Колганов С.В. 1183, 1186, 1187, 1188, 1189
Колегаев В.В. 1211
Колесник К.А. 389
Колесников Д.Н. 262
Колесов А.А. 1214
Коллеров М.Ю. 251
Колмаков С.А. 745
Коломийчук С.А. 842
Коломоец Е.Н. 1087, 1144, 1158, 1166
Колотий Д.Д. 237, 259, 260, 467
Колтырина К.Ю. 536
Комаров А.В. 855
Комаров О.А. 1006
Комаров Р.С. 254, 468
Комарова Е.В. 258
Комарова М.А. 340
Комарова М.Ю. 263
Комарова Н.В. 1440
Комиссаров А.А. 1074
Комиссарова Е.Д. 1410
Комонов Д.А. 1436
Кондратьев А.В. 892
Кондратьева А.В. 61
Кондратьева С.Г. 628, 653, 656
Кондрацкий И.О. 248, 249
Кондрашева Н.Н. 1424
Кондрашов В.З. 105
Кондрашов Д.А. 949
Кондюков С.Л. 246
Конев А.А. 530
Конкевич В.Ю. 277, 444, 461
Коновалов А.В. 1075
Коновалова В.Г. 1274, 1300
Коновалова О.В. 1247
Коновской М.С. 35
Кононенко А.И. 702
Кононистов М.И. 1353
Кононов Д.С. 1031
Кононова В.В. 537
Кононова И.С. 264
Коноплев А.Н. 896
Константинов И.А. 14
Константинов М.С. 156, 157
Константинова Л.А. 191
Конышева В.Ю. 746
Коньшина А.А. 1411
Конюкова А.А. 1075
Копачев Д.О. 1354
Копорова М.А. 1178
Копылов И.А. 686
Кордовер К.А. 738, 994
Коренчук К.Ю. 945
Корецкий М.Ю. 143
Корешков А.В. 265
Корнев Ю.В. 324, 379
Корнева М.А. 340
Корнеенкова А.В. 718
Корнейчук А.Н. 390
Корнейчук В.С. 843, 976
Коробейников Е.В. 247
Коробков М.А. 884
Коробовский А.В. 203
Королев А.П. 391
Королев А.Р. 629
Королев П.С. 564
Королева А.В. 1354
Короленко В.А 1106
Коростелева Д.А. 1275

Коротаев Д.С. 967
Короташ Н.В. 1382
Коротков В.А. 306, 334, 353
Коротков В.И. 364, 726
Короткова А.С. 906
Корунов С.С. 1416
Корчагин Н.А. 746
Корчак Е.С. 317
Косариков Г.В. 1149
Косачева В. 1412
Косенко И.И. 1009, 1010
Косинов А.А. 1143
Косокин В.Н. 1453
Косматых А.Е. 747
Косолапов А.В. 748
Косолапова А.Ю. 215
Коссе А.А. 177
Коссый И.А. 1339
Костиков В.И. 211
Костиков Ю.А. 742
Костин П.С. 14, 40
Костина В.С. 266
Костина М.В. 266, 281
Костичев Д.А. 1107
Кострубин В.А. 36
Кострыгина А.А. 1276
Костыкова О.С. 833
Косых О.И. 1385
Косяков Ю.Ю. 749
Котляр Д.И. 743, 843, 976
Котов С.А. 392
Котова А.В. 1338
Котькина Т.В. 267
Кохан В.В. 629
Коханов Р.П. 584, 585, 588, 596
Коханова С.Я. 542
Коханова Ю.С. 583
Кохановский А.А. 750
Коцарева В.С. 1412
Кочанов А.А. 671
Кочегаров К.Ю. 13
Кочеткова А.Д. 1355
Кочнева А.В. 1148
Кочнева В.Д. 469
Кочнева Л.В. 1156, 1167
Кошевой А.Р. 15
Кошелев Б.В. 879
Кошелева Н.А. 341
Кошуков А.Н. 541
Кощеева Е.О. 1278
Кравцов Е.В. 751, 752
Кравченко Н.А. 857
Краев В.М. 517, 1263
Крайников В.А. 858
Крапивенко А.В. 1018
Красавин Д.С. 630
Краснов А.М. 1011
Краснов Н.А. 268
Кременецкая В.А. 1177
Кренделев В.О. 1044
Кривопалов Д.М. 907
Кривощеков В.П. 631
Кривцова Н.С. 418
Крит Б. Л. 219
Крит Б.Л. 220
Крохина Е.В. 859
Круглова Е.В. 37
Крутиков П.В. 342
Крутов А.А. 93
Крылов А.А. 83, 96, 205
Крылов Б.А. 538
Крылов Р.А. 1356
Крылова О.С. 1412
Крысанов Н.О. 1045
Крюков В.Г 65
Крючков В.В. 934, 964
Крючков В.Л. 1253
Кубатина Е.П. 268
Кубрин В.И. 399
Кудасов С.В. 902, 907
Кудимов Н.Ф. 1002, 1013, 1014
Кудлова К.П. 1214
Кудрявцев Д.А. 16
Кудрявцев П.С. 597, 871
Кудрявцева В.И. 94
Кудряшов Н.С. 669
Кудряшова В.Д. 1357
Кудряшова Н.Ю. 1016
Кузин А.О. 343
Кузин Е.В. 908
Кузина А.А. 209, 210
Кузина С.М. 469
Кузнецов Е.Б. 1038, 1047
Кузнецов Е.Г. 470
Кузнецов И.Е. 846
Кузнецов П.А. 950
Кузнецов С.А. 331
Кузнецов С.Ю. 1215
Кузнецов Ю.В. 621, 640
Кузнецова Е.В. 402
Кузнецова Я.Д. 632
Кузьменко Т.А. 1330
Кузьмин Е.В. 238
Кузьмина А.А. 753
Кузьмина Е.Е. 1077
Кузьмина К.К. 1413
Кузьминский А.Е. 1276
Кузьмичёв В.С. 522, 546, 554
Кузьмищев Д.А. 1076
Куи Мин Хан 1454
Куимов Е.С. 542, 583
Куклев Е.А. 864
Куколин Р.А. 569
Куксин А.Ю. 344
Кукушкин Д.Ю 241
Кукушкин Д.Ю. 240, 242
Кулагин А.А. 62
Кулагин Н.Е. 1043, 1047
Кулагина Я.А. 1449
Кулепётова Н.Н. 1057
Куликов А.В. 538
Куликов А.С. 909
Куликов Н.С. 910
Куликов О.О. 930
Кулич П. 1013
Кумбана А.Ж. 1358
Кунавин А.М. 589, 590
Кунявская Т.М. 277
Купоросова Е.С. 860
Купреев С.А. 154, 1046

Куприк Д.А. 570
Куприков Н.М. 1216
Куприянов А.Д. 937
Куприянов А.И. 645
Купырев А.В. 1217
Курапов Е.А. 392
Курбанов М.Н. 754
Кургузов А.В. 571
Курдюков А.В. 539
Куревина С.С. 1310
Куренков И.Э. 328
Куренных А.Е. 754
Курин М.А. 269
Курицын Д.Н. 461, 506
Курицына В.В. 278, 486, 500, 506
Куркин Е.И. 358, 424
Куркин И.И. 564
Куркин М.С. 861
Куркин Я.И. 680
Курличенко И.В. 1336
Курмаев Т.И. 605
Курочкин В.А. 755
Куртаева Ф.Н. 289
Курушин Р.А. 910
Курынцев С.В. 231, 256, 262
Кутейникова Е.Н. 977
Куц К.А. 862
Кучевский С.В. 1359, 1360
Кучеров Н.А. 540
Кучерова М.Е. 1360
Кушнарёв А.В. 473
Кыласов М.Я. 172
Лабенский Ю.В. 899
Лавская К.К. 1279
Лагуткин М.Г. 88
Лагуткина Д.Ю. 951
Ладейщикова А.А. 1415
Лазарев Д.М. 270
Лазарева Д.З. 37
Лазников Н.М. 1378
Лазовский А.Е. 911
Лазукина А.В. 1181
Лазутин Е.А. 38
Лакштовский И.А. 741, 756
Ламзиков В.А. 1150
Лапенко А.О. 625, 632
Лапир М.А. 1046
Лапкина В.А. 757
Лаптев И.Н. 211
Лапшин И.А. 978
Ларин А.А. 751
Ларин С.Н. 319, 342, 359, 372
Ларина А.С. 1108
Ларина К.А. 1371, 1372
Ларионов М.Д. 271
Ларионова А.А. 393, 1106
Ласточкина В.В. 1387, 1391, 1424, 1439
Латыпов Э.Р. 1311
Латышева В.В. 1138
Лаценова Л.Р. 1108
Лашин А.Н. 272
Лашков И.А. 378, 394
Лащев А.Я. 869
Ле Ба Чунг 758
Ле Дык Тиеп 952
Лебедев А.К. 395
Лебедев В.В. 529, 996
Лебедев Г.Н. 875
Лебедев И.В. 1059
Лебедев И.М. 344
Лебедева М.В. 821, 825
Лебединский С.Л. 633
Левицкий А.В. 95
Левченко Н.А. 1109, 1329
Левшин Е.А. 991
Левшов А.И. 274
Легенький Д.А. 96
Легконогих Д.С. 541
Ледовских Д.С. 311
Ледяев М.Е. 321
Леликова Я.М. 1077
Лелицак Василе 759
Леонов А.В. 760
Лепехин Г.Н. 178, 1182
Лепешинский И.А. 540, 565
Лепешкин А.Р. 443, 447
Лепешкина Е.П. 1079
Лепихова А.И. 1280
Лесконог Н.Ю. 1068, 1074, 1080, 1090
Ливицкий К.В. 17
Лигачёва Е.А. 385
Лиджиев А.А. 273
Лим Е.В. 259
Лиманский А.С. 528
Липатов А.И. 599
Липницкий Ю.М. 19, 22, 1001, 1025
Липунов В.А. 1218
Лисов А.А. 709
Лисовенко Д.С. 328, 340, 369
Литвин Э.Ю. 1383
Литвинова Д.В. 116
Лифанов И.П. 1414
Лихоузов К.И. 63
Лобода П.С. 321
Лобунец В.А. 1151
Логачев Д.А. 541
Лозован А.А. 268, 483
Локтев М.А 898
Ломакина Е.А. 1219, 1236
Ломанов А.Н. 743, 843, 976
Ломтев С.А. 274
Лопаницына Н.Ю. 344
Лопаткин Д.В. 855
Лопащенко М.С. 1152
Лосев С.А. 859
Лоскутов Д.И. 761
Лосяков Е.И. 719
Лохвицкий Ф.О. 610
Луговов Н.С. 49
Луговской А.С. 634
Лужнова А.И. 1280
Лукашин В.М. 761
Лукащук А.А. 233
Лукина Е.А. 225
Лукьянов О.Е. 92
Лункин П.А. 1353
Лупанчук В.Ю. 863, 974
Лурье С.А. 319, 365
Лутфуллин Р.Я. 322
Луценко А.В. 1396

Лущик А.В. 878
Лысенко С.А 762
Лысенко С.В.... 1101, 1103, 1127, 1130, 1131, 1135
Лысков Д.В.....310
Львова С.Ю. 1110
Любимская Е.Р.....1335, 1361
Людин В.Б. 236, 247, 249, 276
Лютер Е.В.....1407
Лябин Н.А. 392
Ляликова Д. А. 1111
Лямин А.Н. 430
Лямина Е.А. 335
Ляпин Н.А. 979
Ляховецкий М.А. 481
Магсумова А.Ф. 386
Майзенберг Т.Л. 345
Майков К.А. 677
Майорова В.И. 143
Макаренкова Н.А. 864
Макарин М.А. 980
Макаров А.С. 78
Макаров Ф.В. 234
Макеев А.А. 117
Макеев В.В. 396
Маковецкая Ю.С. 1047
Максименка В.Н. 1312
Максименко О.А. 864
Максимов А.Н. 763
Максимов А.С. 1324
Максимов В.В. 1153
Максимов Н.А. 727, 740, 770, 782, 802
Максимов Ю.В. 450
Максимова Н.А. 471
Максяшин С.Ю. 764
Малай А.Н. 1269
Малахов А.В. 765
Малдавская Н.А. 766
Малеев В.Н. 1111
Маликов С.Б. 460, 489
Малиновский И.В. 767
Малишевский А.В. 1141
Малкин А.А. 697, 723, 738
Малкова Е.А. 92
Малкович Л.А. 912
Малыхина М.А. 1151
Малышев В.В. 121, 124, 125, 131, 132
Мальцев Н.А. 33
Маляров О.В. 270
Мамонов А.М. 244, 257, 273
Мамонтов Е.К. 1060
Мамонтова Н.А. 237, 251
Мамросенко К.А. 664
Манжиров А.В. 317, 352, 355
Мануйлова Н.Б. 1349, 1364
Манучаров Д.Р. 375
Марин Д.В. 635
Марин Н.И. 1204, 1220, 1229
Маркин А.А. 309
Маркин Л.В. 1010, 1454
Маркин Н.Н. 21, 24, 28, 32, 35, 36, 37, 39, 42, 44
Марков В.А. 96
Марков Ю.Е. 768, 1183
Маркова А.С. 605
Маркова Г.В. 275
Маркова Е.В. 280
Марсов Д.А 1112
Мартиросова К.И. 1363
Мартынов Г.О. 1362
Мартынюк А.В. 445, 496
Марусяк Д.М. 1080
Марушин А.А. 768
Марценюк Е.А. 866, 1113
Марченко Д.В. 1281
Марьянов Д.В. 144
Маслобойщиков А.Н. 1341
Маслов А.И. 572
Маслов Е.А. 1416
Матасов И.И. 359
Матвеев А.М. 644
Матвеенко В.П. 341, 351, 370
Матросова В.В. 456
Матюхин Д.И. 896
Махаметшина Е.С. 74
Махиянов И. М. 1221
Махмутов З.Т. 980
Маховых А.В. 179
Мацко Д.А. 1359
Мацко О.В. 97
Медведев А.М. 888
Медведев С.В. 48
Меднов А.А. 952
Межова И.А. 1259
Мезенцев С.Е. 865
Мезин В.Р. 636
Мелешко М.Д. 180
Мелихов В.В. 214, 276
Мельдианова А.В. 1097, 1101, 1113
Мельник А.А. 1222, 1240
Мельников В.С. 14, 40
Мельников Д.А. 396
Мельникова Д.Д. 251
Мельниченко М.А. 769
Мельничук А.В. 866
Мендес Сото М.А. 92
Менлямбетова Э.К. 99, 118
Меньшиков А.А. 53
Меньшиков Г.А. 446
Мербаум В.Г. 1006
Мерзляков Р.Д. 98
Мерзлякова В.А. 98
Меринов А.Е. 472
Меркишин Г.В. 33, 34
Меркулов В.Д. 171
Меркулов Г.А. 867
Меркурьев Д.В. 566
Меркушин В.С. 1384
Мерьков А.Ю. 564, 637
Меснянкин С.Ю. 1008
Мессинева Е.М. 1349, 1371, 1372
Метельников А.А. 572
Метечко Л.Б. 1329, 1330, 1335, 1340, 1345, 1365, 1370
Мехда Юсеф 41
Мешавкин К.В. 637
Мешков А.В. 638
Мешков Д. 277
Мешков Д. А. 1113
Мещеряков Ю.И. 318
Мещеряков Я.В. 1417
Мигушин Ю.А. 1114

Милашкина О.В.....850
Миллер А.Б. 1023
Минасян В.Б.....770
Мингазетдинов И.Х.....1376
Минияров А.Х. 952
Миннахметов Л.И.....542, 573
Мирзахамдамов О.М. 220
Мирзаханян Р.М. 1115
Мирон С.К.....771
Мироненко Е.Г.....1154
Миронов А.В.....699
Миронова А.В. 256
Миронова М.К. 1283
Мирсояпова А.Р.....772
Митрофанов С.Ю. 773
Митрофанова Е.В. 1325
Митрохин А.С.....474
Митюкова Е.А.....1155
Мифтахов Б.И. 890
Мифтахова А.Р. 346
Михайлов А.А.....1288
Михайлов В.Ю.....616, 667
Михайлов И.Е. 57
Михайлов М.В. 913
Михайлов Н.А.....981
Михайлов Т.С. 81, 82
Михайлова И.С. 1384
Михайлова М.А. 1223
Михайловский К.В. 1003
Михалев А.А. 773
Михальков Д.В. 914
Михальченко К.А. 397
Михеев Д.Э. 441
Михеюшкин В.И.....774
Михрютин А.В.....347
Михрютин В.В.....347
Младшев М.Д.....474
Мовсесян Т.А.....1047
Могильная Т.Ю.....894, 911, 922
Модестов С.Б. 862
Моени Табатабаи Д.С.....278, 506
Можаров В.А. 889, 918, 931
Можегова Ю.Н.....279, 368, 454
Мозгалева М.А.....914, 915, 916
Моисеев В.С.....459, 465
Моисеев Д.В.....123, 136
Моисеенко А.Н. 224
Мокрова М.И. 982
Мокряков А.В. 47, 56, 663, 666, 678, 731, 739, 748, 750, 767, 771, 781, 795, 803, 805, 815
Молль А.Д.....775
Молодницкий В.И. 925
Молчанов А.М. 65
Молчанова С.И. 759, 768, 789
Монастырских М.С. 475
Монахова В.П. 523, 535
Моргулис И.Л. 917
Моргунов Ю.А.....267, 481
Моргунова А.А. 348, 1357
Морев А.О.....1345
Морель Д.А. 574, 1149
Морец Д.С.....280
Моржухина А.В.....181
Морковкин А.И.....902
Мороз А.П.....642
Морозов А.С. 776
Морозов А.Ю.....1015
Морозов Б.Б. 386
Морозов Е.А.....575
Морозов И.А. 313
Морозов К.О. 777
Морозова А.А. 1363
Морозова Д.О.....1385
Морозова Т.В. 778, 779
Морозова Ю.К. 983
Морскова С.В.....100
Морушкин А.Е.....262
Мостовой Г.Е. 400
Мотырева Е.Е.....1418
Мохначёва А.В.....1116
Моцинов П.В.....398
Мошков П.А.....543
Мудряк Д.О. 281
Муллов К.Д. 606
Мунтян К.А. 1284
Муравей Л.А. 1056
Мурадян С.О. 281
Муратаев А.Ф. 282
Муратаев Ф.И.....268, 282
Муратчаев С.С. 699
Мурзаянова Л.В. 1224
Мусаева А.А.....399
Мусина Е.Д. 1098, 1110, 1127
Мустафаев А.Э.....869
Муталова Р.Ф.....868
Мухамадеев И.М. 476
Мухаметшин Р.М.....1048
Мухаметшина Е.С. 49, 62, 400
Мухетдинова А.Р.....619, 620
Мухин Н.Ю. 973
Мухина М.В. 1117
Мушарапов Р.Н.....672
Мхитарян А.Р.....869
Мыльник А.В. 1313, 1316
Мышенков Е.В.....1005
Мягких К.В.....1248
Мятишкин Г.В. 1315
Набатчиков С.В. 252, 283
Набиев У.Н.....984
Наветкин М.А. 477
Нагаев В.Ю. 100, 101, 425
Нагуманова М.С. 400
Надежкина Е.В.....1368
Надирадзе А.Б.....580
Назаренко И.П. 562
Назаренко Н.А. 31, 745, 753, 837
Назаров А.Н. 34
Назаров В.П.....582
Назаров В.С.....1031
Назаров Д.М.....646
Назаров Е.В.....1386
Назаров Р.Р.....262
Назырова О.Р. 532
Найденов А.В.....985
Напольский В.П.....590
Нарижный А.А.....576
Насонов Ф.А. 401, 402
Науменков А.А. 1364
Наумова И.А. 403
Нгуен Ван Чонг.....952

Нгуен З.З. 274
Нгуен Н.К. 126
Нгуен Ныы Ман 45
Нгуен Тхань Зием 478
Нгуен Тхань Шон 870
Нгуен Х.З. 779
Неборонов М.М. 780
Неволько О.А. 404
Негруца А.А. 1156
Нежинский А.А. 102
Нейман А.П. 244
Немчинов О.А. 1323
Немыченков Г.И. 1061
Ненахов Е.В. 781
Ненахова М.С. 781
Ненашев А.О. 969
Неретин Е.С. 686, 719, 854, 896
Несмелов В.С. 73
Нестеров А.В. 639
Нестеров В.А. 51
Нестеров В.Ю. 782
Неудакин А.А. 631
Нефедьев А.П. 1225
Нечаев Л.М. 292
Нигматуллин А.Т. 1209, 1236
Низамов Р.А. 103, 476
Никерова О.А. 1118
Никитин А.А. 64
Никитин А.Д. 312, 332
Никитин Д.А. 34
Никитин Д.П. 614, 615
Никитин Е.А. 479
Никитин Е.И. 122, 190
Никитин И.С. 311
Никитин П.В. 164, 170, 189, 1032
Никитин С.А. 918
Никитин Я.Ю. 284
Никитина А.Е. 856, 919
Никитина А.С. 1419
Никитина Е.В. 303, 495
Никитина К.Р. 405
Никитченко Ю.А. 7, 16
Никифорова А.А. 1387
Никишов С.А. 480
Николаев Е.Д. 1364
Николаев И.А. 481, 587
Николаев П.Л. 692, 710, 783, 785, 791, 797
Николенко Т.Ю. 1420
Никольский Д.В. 783
Никуленко А.А. 104
Никулина Е.Н. 1320
Ницак Д.А. 874
Новик М.Н. 1156
Новиков А.В. 476, 603
Новиков А.С. 1285
Новиков А.Ю. 784
Новиков В.А. 920
Новиков В.Е. 785
Новиков Г.В. 405
Новиков Д.К. 1006
Новиков Н.А. 921
Новиков С.В. 1301, 1303
Новикова Т. М. 1182
Новиченко О.В. 544
Новожилов В.В. 192
Нода И.Д. 683
Номеровский Е.А. 105
Норкина Н.В. 605, 921
Носков Д.А. 545
Носов А.А. 1360
Носов А.С. 145
Носов Г.А. 181
Ночовная Н.А. 284
Нужнов М.С. 640
Нур Хафизах Алияс 39
Нуранишья Бинти Самат 42
Нуретдинов Э.Д. 921
Нягулов М.Р. 140
Оберемок Д.Ю. 1157
Обносов Б.В. 999
Обухова Л.А. 573
Овечко В.М. 129
Овчинников А.В. 290
Овчинников Д.В. 481
Овчинников М.А. 406, 880, 902
Овчинникова Е.В. 653
Оганджанян Г.С. 407
Оганджанян Д.Г. 407
Оглоблин А.И. 904
Одиноков С.А. 1214, 1219, 1225, 1231
Одинцов И.А. 1312
Одинцова Е.И. 535
Одиянкова Ю.С. 408
Односталко И.А. 127
Озерных В.С. 349
Окорокова Н.С. 591
Оксентюк А.С. 1360
Окунева Т.Д. 1140, 1254
Олейников В.П. 737
Онищик И.И. 558
Онуфриенко В.В. 1359, 1360
Опрышко Н.В. 1380, 1384, 1390, 1422
Орехов И.Е. 744
Орлов А.А. 229, 239
Орлов А.И. 350
Орлов В.П. 601, 606
Орлов Д.А. 127
Орлова М.В. 1326
Осаченко М.Д. 285
Осинцев О.Е. 251
Осипов В.В. 984
Осипова Т.В. 607
Осиповская Т.Г. 1134
Осипчук О.К. 763
Осокина Е.С. 545
Остапюк Я.А. 546
Островский А.Г. 1119
Островский А.С. 482
Остяков Ю.А. 557
Осьмина К.С. 1094, 1096, 1109
Ошмарин Д.А. 351
Павлов А.М. 182
Павлов А.С. 1226
Павлов В.В. 81, 82
Павлов В.Ю. 699, 715, 717, 815
Павлов И.В. 785
Павлов О.В. 786
Павлов П.В. 375
Павлов Ю.С. 483
Павлова М.В. 1365

Павлова Н.В. 853, 867
Павлова Т.П. 1159
Павлович Д.Д. 154
Павловский В.Е. 989
Павлычев Г.Н. 539
Пагава Л.Л. 922
Падерно П.И. 760
Паламарь А.И. 1286
Паламарь И.Н. 293
Палешкин А.В. 148, 202, 206
Палтиевич А.Р. 440
Панасенков В.П. 128
Панасова Г.В. 230
Панов В.А. 198
Пантелеев А.В. 60, 1063
Пантелеев М.Д. 243
Панфилов А.В. 986
Панфилов Г.В. 320, 330
Панцир Д.О. 778
Парафесь С.Г. 162, 166
Парджанадзе И.В. 923
Парфенов Е.В. 270
Парфёнова А.А. 203
Пархаев В.А. 713
Пархаев Е.С. 18
Паршин Д.А. 352
Паршин Ю.Н. 625
Паталай М.А. 1421
Патрушев А.Ю. 286
Пахнутова Н.В. 332
Пахомов А.К. 576
Пахомов Е.В. 787
Пашко А.Д. 986
Пашкова Д.В. 883
Певтулиди Т.А. 183
Пеньков В.И. 1048
Первой С.В. 871
Первушин И.А. 1081
Перевозова Е.А. 287
Перекатов В.В. 119
Перекрест Т.А. 1082
Перепелкин В.В. 54
Перепелкин Д.А. 692
Перепечко С.В. 788
Перкова Е.П. 1155
Перчихин О.И. 972, 987
Першин А.В. 308
Пестун У.А. 1062
Петелин Н.А. 914, 915, 916
Петлинская Т.В. 1422
Петраков А.М. 647
Петракова Е.В. 128
Петрашев В.А. 79, 80
Петрикова Е.А. 288
Петров А.А. 42, 208, 289, 592, 953
Петров А.П. 434
Петров В.М. 50
Петров Д.Г. 1423
Петров И.А. 498, 503
Петров М.А. 193
Петрова А.А. 1313, 1381
Петруня О.Э. 1164, 1180, 1181
Петрухин Н.В. 319, 353
Петрухин О.М. 872, 954, 955
Петухов В.Г. 563
Петухов С.Л. 435
Петухова О.С. 212, 260
Печинина Д.С. 1294
Печко А.А. 1276
Печников М.С. 924
Пешехонов С.В. 105
Пещеров Ю.Г. 846
Пигусов Е.А. 93
Пикалов В.П. 576
Пилин М.О. 409
Пилюков А.Г. 1287
Пиндюрина М.О. 988
Пирогова В.С. 1424
Пирожков А.С. 106
Писарев В.С. 327
Пискарева Н.Б. 163
Пичужкин П.В. 203, 1355
Пичулин В.С. 189, 192
Пичхадзе К.М. 138
Платонов А.А. 410
Платонов В.И. 359
Платонов Е.Н. 55, 573
Платонов И.М. 1032
Платунова О.О. 1285
Плешаков М.С. 1213
Плыкин Е.И. 106, 112
Плющаков Д.В. 484
Поваляев П.П. 742
Подвербных О.Е. 1403, 1428
Подкорытов А.Н. 641
Поднебесная А.Ю. 1158
Подовжний С.Ю. 485
Подопросветов А.В. 989
Подшибнев В.А. 990
Подъяпольская Е.В. 289
Пожаров Д.С. 290
Пожога В.А. 225, 233
Поздняк Ю.С. 1227
Позняков А.Ю. 861
Поленов Д.Ю. 642
Полещук С.Л. 469
Поливников В.М. 129
Поливцева А.А. 19
Полилов А.Н. 357
Полицын С.А. 790
Полицына Е.В. 684, 705, 761, 796, 801, 1105, 1107, 1115, 1121, 1122, 1123, 1204
Полищук М.А. 33, 43
Полищук М.В. 33, 43
Полищук Н.В. 1163
Полищук С.Д. 1120
Полушкин М.А. 411
Полуэктов С.П. 768
Поляков О.А. 245
Поляков П.О. 310, 311
Полянин А.И. 789
Помазкин Н.А. 1159
Понамарева Л.Н. 956
Пономарев В.И. 1216
Пономарёв И.И. 941
Пономарёв Л.И. 655
Поняев Л.П. 133
Попей-оол С.К. 693, 1169, 1170, 1171, 1173, 1177, 1192
Попельнюк И.А. 204

Попов А.Л. 316, 326
Попов А.Н. 872
Попов А.С. 530
Попов В.С. 409
Попов В.Э. 65
Попов Г.А. 566
Попов И.П. 343
Попов С.А. 8, 11
Попов С.С. 790
Попов Ф.С. 353
Поречный А. С. 1121
Порицкая А.Ю. 381, 412
Порунов А.А. 899, 924, 1338
Поскакухин В.Н. 685, 1454
Поспелов А.А. 205
Поспелов А.Р. 1366
Потапов А.А. 860
Потапов А.О. 791
Потапов Д.В. 1381, 1388
Потапов М.П. 413
Потапова З.Е. 1003
Похвалиев А.А. 642
Похлебин Н.С. 1288
Почестнев А.А. 1166
Почечихин Д.И. 991
Предко П.Ю. 277
Преображенский Н.Б. 758
Пригоровская Т.Н. 1424
Приказчиков Е.А. 547, 850
Примаченко Г.К. 941
Приходько М. А. 1184
Продан И.А. 1314
Проказин Ф.Е. 927
Прокопеня И.А. 792
Прокофьев А.О. 803
Прокофьев Д.А. 1425
Прокофьева Н.С. 1228
Прокудин А.В. 925
Прокудин А.Н. 1024
Пронин А.С. 800, 816
Пронина П.Ф. 199
Пронькин А.А. 1156
Просвирина Н.В. 1264, 1289, 1426
Просвирнин Д.В. 271
Проскуряков А.И. 1062
Протасов В.И. 1003
Прохоров И.А. 925
Прохоров П.Д. 992
Прохорова А.С. 1315
Прохорова В.С. 1266
Прохорова Е.П. 1381, 1388, 1401, 1406, 1429
Прудник Д.О. 77
Прудников В.А. 174
Пряженцева А.А. 1122
Птицин А.А. 20
Пунина М.А. 414
Пунтус А.А. 563, 1014, 1042, 1045, 1049
Путятина Л.М. 1321, 1411, 1441
Пушкарева М.Б. 1303, 1304, 1311, 1312, 1314, 1319
Пушкин К.В. 591, 593
Пчелко А.А. 1273
Пыхтин А.А. 410, 415, 432
Пышненко А.В. 643
Пятницкий Н.С. 793
Рабинский Л.Н. 310, 311, 327, 338
Рагулина Ю.В. 1437
Радонцева Е.К. 794
Радченко В.П. 310
Радько А.А. 1266
Ражапов Г.Г. 874
Разбаш Р.В. 602, 704
Развин И.В. 726
Разуваев Д.В. 97, 107
Разумный Ю.Н. 126
Ракитский М.Ю. 644
Рамазанова Д.Р. 130
Рамонова И.А. 1367
Рассадина Ю.Н. 496
Рассказова В.А. 703
Рассохин С.А. 795
Расторгуев В.В. 614, 635
Расторгуев И.П. 1350
Раткевич Г.В. 354
Рахманов И.Ю. 1029, 1030
Ребане М.К 1049
Ревизников Д.Л. 1015, 1034
Редькин С.Ю. 992
Редько М.Ю. 683
Резниченко Г.М. 421
Ремчуков С.С. 548
Репалов В.В. 957
Речкин А.Г. 858
Речкин И.А. 858
Рискин О.С. 184
Рогов Д.А. 175
Роговенко О.Н. 993
Родионов Г.С. 914
Родионов Я.В. 768
Родионова Д.А. 1063
Родченко В.В. 172, 199, 200
Роева А.В. 486
Роева Е.В. 486
Рожков А.И. 1290
Рожков Д.В. 487
Рой М.М. 1427
Романенков А.М. 58, 660, 683, 684, 701, 704, 716, 721, 737, 761, 777, 780, 785, 788, 808, 809, 812, 839
Романишина Т.С. 1400, 1403
Романов А.А. 355
Романов А.В. 970
Романов О.Т. 866
Романов Ю.А. 416
Романова М.В. 1326
Романова Н.И. 1083
Романова О.В. 1016
Романченко А.О. 1222
Ромашова В.В. 291
Российская А.Д. 248
Ростилов Т.А. 416
Рубан Н.В. 1377
Рубинов В.И. 1007
Рубцов Е.А. 652
Рудаков В.В. 356
Рудич Д.Р. 1417
Рудометкин В.А. 796
Рукина Е.И. 1318
Рулев С.В. 160, 161
Рулева В.Г. 1174

Румакина А.В. 875
Румачик М.М. 357
Румянцев М.Ю. 956
Рунова Ю.Э. 251
Русакова Е.О. 291
Русин И.С. 292
Рустамова О.И. 1428
Рухлов Н.А. 1014
Рыбаков К.А. 293
Рыбин В.В. 1067
Рыбников С.И. 773, 870, 1194, 1195
Рыбушкин Н.А. 42, 592, 953
Рыгина М.Е. 288
Рыжов А.А. 687
Рыжова Е.С. 593
Рыжова Л.В. 294
Рыкунов А.Н. 480
Рылев И.Б. 417
Рюмина А.А. 418
Рюмшин Р.И. 611
Рютова Т.С. 1389
Рябов В.В. 796
Рябов Д.А. 797
Рябчиков А.А. 1016
Ряховский А.П. 467, 479
Сабирзянов А.Н. 568
Сабирова С.А. 1228
Саблин А.С. 858
Саватеев С.И. 44
Савилкин С.Б. 607
Савин Д.В. 419
Савинов А.В. 274
Савицкий Н.С. 107
Савушкина С.В. 230
Савченко А.Ю. 30
Сагитов Г.М. 926
Сагитова Е.А. 868, 885
Садеков Р.Н. 872
Садковская Н.Е. 146, 1379, 1384
Садковский Б.П. 798
Садовская Е.В. 645
Садретдинова Э.Р. 172, 199, 200
Садыкова В.О. 358, 424
Саенко В.С. 1026
Сажин А.Н. 78
Сажин Д.С. 799
Сазонов А.А. 1427
Сазонова М.В. 1421
Сайкин М.С. 951
Сайфутдинов Р.Р. 246
Сайфутдинова А.А. 295
Салиенко Н.В. 405, 420
Салий Н.Л. 1064
Салимов Е.Ю. 1021
Салихова М.Р. 1429
Салмин П.А. 252, 283
Салтыков И.В. 1430
Салтыков С.Н. 10
Самарский Д.Н. 800
Самарцева А.П. 81
Самбаров Г.Е. 876
Самигуллин Т.А. 42, 592, 953
Самигуллина Р.Р. 296
Самойленко В.В. 420
Самойленко В.М. 524
Самойлин Е.А. 610
Самончев С.С. 1185
Самохвалов С.А. 994
Самохин А.С. 1060
Самохина М.А. 1055, 1060
Самохина С.С. 547
Самсонов И.К. 550
Самсонов Н.А. 307, 359
Самсонович С.Л. 977, 980, 990
Самуйлов А.О. 1342
Санакина С.А. 898
Сапега Е.А. 420
Сапигора А.О. 801
Сапронов Д.И. 646
Сапрыкина И.В. 1431
Сапухина М.В. 1368
Саранский В.Д. 185
Саранча Д.А. 1049
Саутенков О.С. 75
Сауткин В.А. 876
Саушкин Б.П. 299
Сафаров М.У. 646, 901
Сафарян А.И. 244, 273
Сафин Э.В. 296, 1232
Сафиуллин И.И. 65
Сафонов А.И. 1050
Сафронов А.В. 1432
Сашин А.П. 21, 1133
Сашина А.А. 921
Саяхов И.Ф. 958
Сботова Я. 1160
Светлова В.А. 1051
Свиридова Е.Ю. 1333
Свистков А.Л. 313, 382
Сдобнов А.Г. 702
Сдобнов В.М. 1122
Северин В.В. 1186
Северина Н.С. 1035
Северцов А.А. 488
Севостьянов С.Я. 95
Севостьянова В.С. 297
Севрук С.Д. 591, 593
Седова Е.В. 1123
Седова Т.С. 1017
Седова Ю.Е. 1020
Сейдагалиев М.К. 577, 578
Селезнев С.В. 12
Селезнёва Т.С. 1125
Селиванова М.А. 1072, 1089
Селиванова О.С. 1065
Сельвесюк Н.Л. 1126
Семавина Н.А. 178, 1124, 1182
Семашко А.Г. 1369
Семенов А.Н. 513
Семенов В.В. 572, 1337
Семёнов П.Е. 324, 379
Семенова Н.С. 1140, 1254
Семенова Т.В. 1161
Семенова Ю.В. 965
Семенчиков Н.В. 9, 18, 21
Семерич Ю.С. 1021, 1022
Семина А.П. 1291, 1292, 1293
Сенив Д.Д. 206
Сенкевич К.С. 253
Сергеев А.А. 802

Сергеева Т.С. 1018
Сергиенко А.Н. 1294
Серебренников Е.А. 66
Серебряков М.А. 655
Серебряков С.П. 304
Серегина А.С. 359
Серенко Н.С. 360
Серикова К.Н. 1162
Серобаба В.А. 1084
Серов М.М 217
Серов М.М. 253, 286, 512
Серпичева Е.В. 345
Серякова С.А. 743
Сетуха А.В. 1052
Сибгатулин М.Р. 995
Сибгатулин Р.Ж. 1370
Сивоплясова С.Ю. 1148, 1442
Сивцов В.А. 1352
Сидельников Е.В. 714
Сидоренко И.А. 752
Сидоров А.Э. 803
Сидоров А.Ю. 1175
Сидоров В.С. 1163
Сизов С.В. 298
Сизонец Ю.В. 489
Сизякин А.В. 956
Сикриер А.В. 1390
Силаев Н. А. 1085
Силантьева Е.А. 1292
Силкин С.А. 219
Силуянов А.В. 736
Силуянова М.В. 110, 255, 452, 453, 458, 491, 499, 501, 509, 516, 522, 555, 581, 826, 865
Сильнов Д.С. 671, 680, 744, 762, 778, 779, 803, 818
Симонов А.П. 1019
Симонова Е.Б. 959
Симонов-Емельянов И.Д. 397, 410, 415, 432
Синдяшкин А.А. 1433
Синицин Д.А. 450
Синицын Б.М. 1433
Синицына А.А. 1220, 1229, 1234
Скабеева Ю.С. 1434
Скворцова А.А. 996
Скворцова С.В. 218, 233, 234, 237, 239, 257
Скиданов С.Н. 85
Скоблицов А.Ю. 361
Скопинцев П.Д. 153, 155
Скорняков И.Н. 17
Скородумов С.В. 932
Скрынников А.А. 997
Скутин А.С. 1435
Слайковский В.А. 146
Слащёв С.В. 846
Следков Ю.Г. 962
Слезкин Д.В. 101
Слезов С.С. 257
Слепцов В.В. 240, 241, 242
Слободяник А.С. 490
Слюсарев А.А. 421
Смагин А.А. 108
Смагин Д.И. 38
Смерчинская С.О. 1017
Смирнов А.А. 647
Смирнов Б.Н. 116, 804
Смирнов Н.Я. 674, 707
Смирнов П.В. 872, 954, 955
Смирнов П.Е. 579
Смирнова Д.Е. 362
Смирнова Е.И. 1126
Смирнова Е.Ю 251
Смирнова Н.А. 852
Смирнова Н.С. 1370
Смирнова С.В. 672, 980
Смирнова Т.Б. 1295
Смирнова Ю.С. 680, 744
Смолин В.С. 989
Смолин Е.О 914, 916
Смолин.Е.О 915
Смольянинов А.А. 205
Смородин Ф.К. 109, 502
Смыков А.Ф. 435, 511
Смыслов В.И. 929
Снопок К.А. 648
Соболев О.В. 959
Соболь О.В. 1296
Собольков В.Д. 1230
Советников В.А. 805
Сое Тху 1378
Создателев А.С. 806
Соколов В.В. 875
Соколов Н.А. 155
Соколов Н.С. 491
Соколова А.А 27
Соколова А.В. 388, 422
Соколова В.Е. 551
Соколова Е.С. 1214
Соколова М.Ю. 356
Соколовская А.Н. 491
Соколовский Г.С. 492
Соловьев Н.Г. 1036
Соловьёва Е.Е. 1436
Соловьева И.В. 258
Солодков И.В. 186
Солодова Т.В. 225, 250
Солодовникова Т.В. 807
Соломинов В.М. 808, 809
Соломыков В.С. 728
Солосятов Д.И. 1094, 1332
Соляев Ю.О. 311, 319, 327, 338, 365
Соляник А.А. 1086
Сомкина А.С. 67
Сон Джин Ву 493
Сондык С.А. 299
Сорокин А.А. 649
Сорокин А.Е. 1375
Сорокин В.С 902
Сорокин Д.А. 960
Сорокина Н.Д. 1168, 1273
Сорокина С.А. 1410
Сотникова Ю.С. 423
Софьин К.С 928
Сошников Д.В. 834
Сперанский К.А. 237, 289
Спирин В.В. 997
Спирина М.О. 358, 424
Спицина Е.С. 998
Спицын В.Ю. 68, 69
Спицын Ю.С. 1022
Станкевич Е.Э. 810

Становов И.Ю. 671
Старенченко А.В. 608
Стариков С.В. 340, 360, 362, 367
Старков А.В. 131
Староверов Ю.С. 220
Стародубова О.В. 1316
Старчаус И.С. 810
Степаненко В.Ю. 385
Степанов А.А. 1231
Степанов В.В. 299, 443, 696
Степанов В.Ю. 187
Степанов М.А. 299
Степанов Н.В. 422
Степанов С.Я. 1042
Степаньянц Г.А. 864
Степнова О.В. 1326
Степынин С.С. 459
Стешенко И.М. 521
Столбовская М.А. 1113
Стороженко Н.Р. 706
Стратула Б.А. 1033
Стрелкова Л.В. 1327
Стрельчук С.Г. 625, 632
Стржемечный М.М. 472
Стрижов Д.А. 227, 228
Строгонова В.Ю. 1232
Строгонова Л.Б. 192
Строкач Е.А. 561
Стульник Т.Д. 1136, 1139, 1141, 1143, 1145, 1156
Субботин П.В. 33
Суворов М.О. 579
Судаков В.А. 678, 754, 866
Судариков М.Д. 1437
Судуков А.Э. 1371
Судьин Д.Н. 110
Суишев А.Е. 132
Сулаймонов Н.Ш. 901
Суламанидзе А.Г. 594, 595
Султанов А.С. 654
Султанов С.А. 1352
Суменков А.Л. 361
Суриков С.Ю. 494
Суровцев В.А. 1317
Сутягин А.Н. 94
Суханов Д.Б. 105
Сухарев А.С. 811
Сухарев Т.Ю. 1034
Сухинин М.В. 111
Сухов Д.Ю. 812
Сухов Е.А. 1052
Сухов С.В. 227, 228
Сыздыков Ш.О. 202
Сыромятников Д. А. 285
Сычев М.И. 637
Та Суан Тунг 21
Такмовцев В.В. 586
Талаев А.Д. 650
Талпекин.А.В. 803
Таныгин А.В. 161, 168
Таран Н. А. 1187
Тарасенко О.С. 513
Тарасов В.И. 146
Тарасова Е.В. 1418, 1420
Тарасова Н.В. 1408, 1413, 1430
Тартачная Д.С. 926
Татаренко О.Ю. 552
Татарникова В.В. 1372
Татарский Б.Г. 658
Тахаева Д.А. 1233
Ташкинов М.А. 341
Таюрский А.И. 1395
Творогова А.М. 1127
Телеш А.В. 495
Телицына О.В. 466
Тельканов М.А. 363
Тельнова Л.В. 1021
Темнов А.Н. 142, 182
Тепликова А. Е. 1087
Теплов Г.И. 45
Теплышев В.Ю. 1306, 1308, 1310
Теплышев Ю.В. 1305
Терентьев С.А. 27
Тересов А.Д. 288
Терехин Р.И. 1127
Тер-Маргарян А.Г. 1444
Тесаков Д.М. 306, 364
Тетенков А.В. 416
Тиабашвили А.Т. 300
Тимакова Е.Д. 143
Тимофеев А.А. 301
Тимофеев В.В. 12
Тимофеев М.В. 527
Тимофеева М.В. 1023
Тимофеева Ю.С. 1128
Тимошенко А.А. 875
Тимченко Я.А. 1298
Тин Мо Аунг 813
Типалин С.А. 454
Тиссен А.В. 1129
Титенина А.А. 998
Титишов М.В. 1164
Титов В.К. 807
Титов Ю.П. 734, 792
Титова Е.Д. 496
Тихомиров С.М. 496
Тихонов А.И. 1393, 1399, 1426
Тихонов В.В. 814
Тихонов Е.Ю. 651
Тихонов К.М. 969
Тихонова И.В. 213, 263, 294
Тихоновец А.В. 7
Тишина Е. А. 1391
Тишкин В.С. 1035
Ткачёв В.В. 277
Ткачева А.В. 336
Ткаченко А.Ю. 522
Ткаченко В.Г. 332
Ткаченко М.В. 815
Ткаченко Т.В. 1165
Токарев Д.А. 991
Токмакова Е.Н. 460
Токмакова Т.В. 460, 506
Токметова К.В. 1229, 1234, 1243
Толкачев И.А. 50
Толстенков П.С. 131
Толстов А.А. 274
Толстова Л.В. 209, 210
Томаева А.У. 815
Томилова В.А. 1394, 1438

Тоноян С.А. 817
Торопов В.А. 35, 99, 118, 136, 1452
Торопцева А.В. 1318
Торпачев А.В. 122, 165, 183, 184
Травкин А.В. 1023
Травников М.В. 816
Трегубова О.И. 1423
Третьяк И.В. 1165
Третьяков Н.К. 178, 1182
Третьякова А.А. 817
Трифонов М.В. 132
Троицкий С.С. 818
Трофимов А.А. 38
Трофимова Е.А. 1439
Трофимушкин А.С. 704
Трофимчук М.В. 56
Трохачёва П.О. 1439
Трусов П.В. 353
Трусова Е.Ю. 376
Трусова Ю.А. 112
Трутнев Н.С. 112
Труфанов С. В. 685, 1454
Трухтанов А.С. 553
Туев Д.В. 101, 425
Туйзюков А.О. 521
Туляков А.Ю. 819
Туринцев С.В. 66, 72
Туркин И.К. 175, 185, 187
Турчак Г.Р. 302
Тутов М.А. 497
Тучин А.Г. 151
Тюльков К.В. 525
Тюлю П.С. 1153
Тюляева Е.А. 314
Тюменцев Ю.В. 822
Тюрина М.М. 890, 899, 924, 1338
Тютин А.Г. 596
Тюшин А.В. 133
Тяглик М.С. 29
Тяпкин П.С. 609
Уваренкова Ю.А. 426
Ударцев А.Ю. 1373
Ульянкин И.М. 194
Уманский А.А. 961
Умарова О.З. 239, 253
Уметбаев Ф.С. 1224
Уразбахтин Ф.А. 173
Урин А.И. 962
Урнов С.В. 580
Урюпин И.В. 1066
Ус Н.А. 840
Усанов А.И. 116, 804
Устенко А.Д. 365
Устименко М.И. 652
Устинов А.А. 427
Устинов К.Б. 315, 365
Ушаков Е.Д. 70
Ушкар М.Н. 603, 608, 710
Фадеев М.А. 1374
Фадеев М.М. 766
Файков П.П 418
Фам Ван Винь 653
Фатенков Н.С. 35
Фатихова Э.Р. 1261, 1440
Фаткуллин А.Р. 270
Фаттахова Г.Р. 1235
Феденко А.А. 365
Федичкин И.Д. 214, 249, 276
Федоров А.А. 115, 468, 820, 1419
Федоров А.В. 131
Федоров Д.А. 654
Федоров Е.Ю. 946
Фёдоров Е.Ю. 103, 947
Федоров С.А. 299, 475
Федорова А.С. 1441
Федорова Л.В. 552
Федорова Н.И. 1442
Федорцов Р.С. 498
Федосов Д.А. 927
Федотенков Г.В. 53
Федотикова М.В. 926
Федотов А.А. 366
Федотов И.В. 821
Федотова М.А. 1261, 1266, 1278, 1280, 1291, 1293, 1294
Федотова Э.А. 1299
Федулова А.Н. 1094
Федусив И.Н. 1028
Феклистов В.А. 1130
Фенько А.В. 1188
Феофанов А.С. 147
Фертиков А.О. 499, 1164
Фетисов Е.В. 56
Фетисов С.В. 766
Фетисов С.Н. 1052
Филимонов А.Б. 689, 725
Филимонова Т.В. 112
Филинов Е.П. 522, 546, 554
Филиппович П.А. 929
Филичкин С.А. 1189
Фирсов Л.Л. 89, 101
Фирсов С.В. 1024
Фисенкова Д.В. 895
Фоменко В.Ю. 1264
Фоменко Р.Н. 556
Фомин А.В. 1445
Фомин А.Ю. 500
Фомичева Н.Б. 235, 301
Фомушкина О.В. 1099
Фрейберг МА. 313
Фрог Б.Н. 1369
Фролов А.А. 501, 1130
Фролов А.В. 822
Фролов В.А. 274, 446
Фролов К.А. 143
Хабенко А.В. 422
Хавпачев М.А. 428
Хадиева А.И. 734
Хайруллина Л.Р. 109, 502
Хакимов А.А. 1289
Хакимова Э.В. 1329
Халилуллина З.К. 1131
Халтурина А.А. 429
Халявина А.А. 823
Хамзина А.Т. 1319
Хамидуллин А.Ш. 308
Хамитова Г.И. 1236
Хан Д.Н. 824
Ханецкий А.С. 1375
Харалгин С.В. 655

Харитоненков А.И. 314, 732, 793, 824
Хартов С.А. 579
Харченко Р.В. 555
Харьков В.П. 116
Хасбиуллин Р.Р. 383
Хасянова А.М. 1300
Хатомченкова А.В. 1087
Хачикян С.А. 1190
Хватов Е.В. 503
Химий И.В. 825
Химченко В.Н. 1443, 1450
Хитрецов Н.И. 156
Хмызенко И.А. 504
Ходжич Э. 1319
Ходунов А.А. 438
Холопов Ю.А. 758
Холостова О.В. 1039, 1041, 1050
Холяков А.Е. 195
Хомутская О.В. 889
Хомякова Н.В. 491
Хопин П.Н. 144, 197, 473, 549
Хордиков А.Э. 361
Хорин А.В. 924
Хорошко А.Л. 826
Хорошко Л.Л. 695, 733, 824
Хорьяков И.В. 827
Хохлов Д.В. 655
Храмов К.Ю 45
Христенко Ю.Ф. 332
Хромова И.В. 194
Хромова К.В. 188
Хуан Ичун 134
Худяков А.А. 303
Худякова Е.С. 1219, 1236
Худякова Н.А. 1166
Хунджуа А.С. 1132
Хуснутдинов А.М. 368
Цаплин М.Ю. 930
Цапок А.В. 173
Царапкин Р.А. 576
Царев Н.В. 828
Царев П.В. 963
Царёва И.Н. 88
Цветаев В.Е. 1067
Цветков В.А 829
Цветков Д.Д. 829
Цветкова В.Н. 1166
Цвык И.В. 1172, 1185
Целищев К.Н. 135
Цепляев В.И. 367
Цимбал А.А. 830
Ципенко А.В. 366
Цой А.А. 872, 955
Цой А.В. 593
Цой О.А. 136
Цховребова А.Ж. 1265
Цыганова Н.А. 1274
Цыденов К. А. 1191
Цыкин К.С. 498
Цырков А.В. 708
Цырков Г.А. 455
Цырков Р.А. 241, 242
Чайка Н.К. 1414
Чайковская Д.Н. 1444
Чалова О.А. 1100
Чалых А.Е. 383, 403
Чан Н.Т. 70
Чаплыгин К.К. 216
Чарквиани Р.В. 387, 411
Часовников Д.С. 1446
Чверткин А.Г. 1336, 1338, 1343, 1344, 1353, 1360
Чебурахин И.Ф. 63
Чеглаков И.Н. 831
Челак С.А. 1237
Челебян О.Г. 555
Челпанов А.В. 669, 670
Чемоданов В.Б. 92
Ченцов А.В. 369
Чепик М.Г. 1141
Чепрасова И.А. 1238
Червяков А.А. 386, 392
Червяков В. И., ... 1103
Червяков В.И. 1112
Черданцева Е.Д. 206, 1124
Черевко В.С. 931
Черепанов С.Ю. 1192
Черкаев Т.Г. 1133
Черкай А.Д. 681, 682, 711, 720
Черкасов Э.В. 832
Черкашин А.А. 656
Чермошенцев С.Ф. 84, 1028
Черников А.А. 565
Черников Д.Г. 300
Черницкий Р.О. 999
Чернов В.М. 1088
Чернов Н.С. 964
Чернова Т.А. 794, 1019
Черноусько Ф.Л. 1044
Чёрный С.П. 471
Черных Д. 872
Черных Д.А. 954, 955
Чернышева А.А. 289
Чернышева Г.Н. 119, 1076, 1230, 1417
Чернышева С.А. 1025
Чернышевский А.Н. 833
Чернышов Л.Н. 687, 831, 836
Чернышова А.А. 273
Черняев А.В. 305, 307
Черняков И.Е. 690
Чесных П.П. 469, 983
Четверикова А.В. 505
Четнева Е.А. 1295
Чечков Е.С. 851
Чечулина Н.Е. 859
Чжо Мин У 471
Чибисов А.М. 303
Чибисова А.А. 1447
Чибисова Е.В. 287, 673, 775, 1354
Чигиринова Е.В. 1266
Чинь В.М. 136
Чирикова О.Б. 1184, 1325
Чиров А.А. 1040
Чистяков М.Ю. 834
Чичикова О.Б. 146
Чичиндаев А.В. 102, 140
Чичинова Э.В. 1239
Чичков Б.А. 530, 553
Чорная С.И. 1376
Чубарев И.В. 38

Чубуков А.И. 49, 282, 429
Чудина Ю.С. 141, 576
Чудук Ф.Д. 779
Чуйко А.А. 931
Чукарин М.И. 1026
Чуланова О.Л 1258
Чуланова О.Л. 1249, 1251, 1270, 1275, 1284, 1298, 1302
Чулков М.В. 1027
Чумакова Е.В. 756, 806
Чумыкина К.Я. 1145
Чунина М.Е. 1289
Чурсин Г.А. 864
Шаблий А.Д. 506
Шавин Е.А. 1287
Шавкун Д.В. 71
Шавня Р.А. 137
Шаврин К.А. 809
Шайко П.Ю. 46
Шаймарданов А.М. 148, 1185
Шайтанов Д.А. 431
Шакурова Е.С. 1174, 1178
Шаламова Л.Ф. 1068, 1069, 1070, 1071, 1073, 1079, 1081, 1082, 1083, 1084, 1085, 1086, 1087
Шаламова Ю.А. 72
Шалдаева А.А. 1022
Шамаев В.А. 357
Шангин И.А. 195, 1334
Шандров Б.В. 439
Шанин В.И. 474, 931
Шапагин А.В. 403
Шаповалов Н.А. 842, 877
Шаповалов Р.В. 173, 177
Шаповалова М.А. 298
Шапошников А.Ю. 68, 69
Шапошникова М.А. 932
Шарапов И.А. 905
Шардин А.О. 85
Шариков Д.В. 742
Шарипов А.А. 597
Шаронов А.В. 746
Шаталин А.А. 895
Шаталова Е.Л. 1334, 1448
Шаталова М.Ю. 1293
Шафеева О.П. 665, 706
Шахов С.А. 496
Шахривар С.М. 506
Швед Ю.В. 105, 1027
Шведов А.В. 430
Швец Н.И. 188
Шевгунов Т.Я. 621, 622
Шевцов Д.А. 937
Шевцов С.Н. 967
Шевцова А.О. 1240
Шевчук А.В. 626
Шеин А.В. 1133
Шеленцова К.С. 1053
Шемонаева Е.С. 507, 1142
Шемяков А.О. 1456
Шенец Е.Л. 59
Шепеляев А.А. 113
Шерстяных В.А. 1449
Шестков Д.С. 304
Шестопалова О.Л. 559, 577, 578
Шеховцов М.В. 139
Шехтман С.Р. 1246
Шибанов М.И. 990
Шилимов К.Г. 114
Шилов А.О. 1036
Шилов В.В. 829
Шиляев А.С. 429
Широкий А.С. 878
Ширяева В.А. 1089
Шишкин А.А. 88, 112
Шишко А.Ю. 835
Шишков В.А. 581
Шишкова Н.А. 835
Шишов Д.М. 944
Шиянова Д.А. 1134
Шкарубо С.Н. 1153
Школьников В.М. 887, 914, 915, 916
Шкуратенко А.А. 189
Шлеенкин Л.А. 530, 847, 848, 943
Шлыкова Л.А. 206
Шляпин С.Д. 229
Шляпцева А.Д. 467, 479
Шмаков И.В. 508
Шмакова В.Е. 73
Шмакова Ю.А. 74
Шмачилин П.А. 628, 653, 656, 657
Шмырова А.В. 264, 287
Шоршин А.Ю. 432
Шпагин В.П. 509
Шпунькин Н.Ф. 212
Штанов А.В. 836
Штыров Д.В. 1301
Шубко Е.В. 948
Шуваев И.Н. 879
Шудабаева А.К. 1058
Шумаков И.Ю. 818
Шумилов Т.Ю. 657
Шумская Д.Э. 837
Шумский Д.А. 157
Шурупов В.В. 963
Шушпанников П.С. 337, 344, 350
Щеглова Д.Е. 1166, 1167
Щелкун В.А. 838
Щепков Д.В. 556
Щербаков В.И. 64
Щербакова Г.И. 391
Щербакова М.А. 632, 1260
Щербакова М.И. 557
Щербатюк Г.А. 336
Щетинин В.Е. 964
Щеулина Е.В. 1443, 1450
Щеулина Т.В. 1443, 1450
Щур П.А. 433
Эпельфельд А.В. 214, 236, 247, 248, 249, 250, 881
Эристова О.В. 510
Юдаев А.Е. 839
Юдаев С.В. 257
Юдаков Е.О. 511
Юданов Н.А. 1090
Юдин А.В. 950
Юдин А.Д. 138
Юдин В.Н. 732
Юдин Г.В. 1199
Юдин П.А. 965
Юдина Е.Э. 275

Юдович А.М. 1091
Южанинов К.А. 712
Юкин И. И. 1241
Юлдашев А.А. 1357
Юнусов Н.А. 857, 946, 947
Юргенсон С.А. 90, 100, 425, 1386
Юрин В.Н. 437, 487, 508
Юрлов М.А. 370
Юрченко Н.В. 1152
Юрьев А.И. 77
Юсифов Р.Г. 1135
Юстус А.А. 87, 104
Юсупов Д.М. 81, 82
Юшин В.Д. 321
Юшкова А.В. 1345
Юшкова А.И. 1242
Яворская К.И. 1302
Ягудин Т.Г. 259, 260
Якимов М. Ю. 1036
Якимова Д.В. 969
Якимова Е.И. 371
Якимочева Е.Д. 1196, 1234, 1243
Яковенко А.А. 372
Яковлев М.М. 594, 595
Яковлев С.С. 372
Якупов А.Ю. 697, 713, 729
Якушев А.С. 526
Якушев Д.А. 1243
Якушина А.В. 1247
Ялалова З.И. 936
Ямалиева Р.А. 1244
Ямашев Г.Г. 842, 877
Ямбулатова А.В. 1245
Яндаева К.А. 99, 118
Янков В.Н. 75
Янсаитова М.И. 1246
Янышев Д.С. 1032
Яримака С.К. 1168
Ярмаш А.Д. 558
Ярмухаметов Ф.Ф. 839
Ярославцев Н.Л. 159, 186, 548
Ярославцева М.М. 1192
Ярошенко А.С. 512
Ярцев Е.Н. 582
Ясенцев Д.А. 621, 627, 629, 658
Ястребов Д.В. 115

УДК 629.7.01
ББК 39.53
Г12

ISBN 978-5-90363-115-5

Гагаринские чтения – 2017
XLIII Международная научная молодёжная конференция

Сборник тезисов докладов конференции

Электронная публикация

С замечаниями и вопросами обращаться в Оргкомитет конференции:
125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, А-80, ГСП-3
gagarin@mai.ru

www.mai.ru/science/gagarin